

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO – GEOLOŠKO – NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij naftnog rudarstva

**OPTIMIZACIJA TRANSPORTNIH I SKLADIŠNIH KAPACITETA U
JEDNOJ PLINSKOJ GODINI ZA UVOZ PRIRODNOG PLINA IZ
AUSTRIJE U HRVATSKU**

Diplomski rad

Luka Krilić

N-300

Zagreb, 2019.

OPTIMIZACIJA TRANSPORTNIH I SKLADIŠNIH KAPACITETA U
JEDNOJ PLINSKOJ GODINI ZA UVOZ PRIRODNOG PLINA IZ
AUSTRIJE U HRVATSKU

LUKA KRILIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za naftno inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Opskrbljivači prirodnim plinom povećanje svoje zarade pronalaze u optimizaciji različitih procesa. Uz cijenu plina, krajnju cijena plina sadrži se od cijene transporta, cijene skladištenja i marže opskrbljivača. U ovom radu izrađen je program koji optimizacijom transportnih i skladišnih kapaciteta maksimalno povećava maržu opskrbljivača za plinsku godinu 2019./2020. za uvoz plina iz Austrije. Temeljem javno dostupnih informacija koje pružaju austrijski, slovenski, mađarski i hrvatski operatori transportnoga sustava dobiven je najjeftiniji način transporta plina iz Austrije u Hrvatsku. Na temelju cijena plina za pojedine proizvode u plinskoj godini 2019./2020. i cijena skladištenja izračunat je optimalan broj skladišnih jedinica.

Ključne riječi: transport plina, skladištenje plina, cijena plina, cijena transporta, cijena skladištenja, operator plinskog transportnog sustava, srednjeeuropsko plinsko trgovinsko čvorište (CEGH), virtualna točka trgovanja (VTT)

Diplomski rad sadrži: 41 stranicu, 20 tablica, 33 slike i 13 referenci

Jezik izvornika: Hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica RGNf-a

Ocjenjivači: 1. Dr. sc. Daria Karasalihović Sedlar, redovita profesorica RGNf-a
2. Dr. sc. Domagoj Vulin, izvanredni profesor RGNf-a
3. Dr.sc. Luka Perković, docent RGNf-a

Datum obrane: 20. rujna 2019., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

OPTIMIZATION OF TRANSPORT AND STORAGE CAPACITY IN
ONE GAS YEAR FOR IMPORT OF NATURAL GAS FROM
AUSTRIA TO CROATIA

LUKA KRILIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Petroleum Engineering
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Natural gas suppliers find ways to increase their earnings in optimizing different processes. Besides the price of gas itself, the final price of gas includes the cost of transport, storage costs and the margin of the supplier. In this thesis, a program has been developed which optimizes the transport and storage capacities to maximize the profit of gas supplier for the gas year 2019/2020 for the import of gas from Austria. Based on the publicly available information provided by the Austrian, Slovenian, Hungarian and Croatian operators of the transport system, the cheapest gas transport method from Austria to Croatia was found. Based on the price of gas products in the gas year 2019/2020 and the storage cost, an optimum number of storage units was obtained.

Keywords: gas transport, gas storage, gas price, transport price, storage price, transmission system operator for gas, central European gas hub (CEGH), virtual trading point (VTP)

Thesis contains: 41 pages, 20 tables, 33 figures and 13 references

Original in: Croatia

Thesis deposited in: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Full Professor Daria Karasalihović Sedlar, PhD

Reviewers: 1. Full Professor Daria Karasalihović Sedlar, PhD
2. Associate Professor Domagoj Vulin, PhD
3. Assistant Professor Luka Perković, PhD

Date of defense: September 20 2019, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
University of Zagreb

SADRŽAJ

POPIS TABLICA	I
POPIS SLIKA	II
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I KRATICA	III
1 UVOD	1
2 CIJENA PLINA	3
2.1 Cijena plina na tržištu	3
2.2 Transport plina	5
2.3 Skladištenje	8
3 ULAZNI PODACI	10
3.1 Osnovni ulazni podaci	10
3.2 Ulazni podaci o tarifama	11
3.2.1 Gas Connect Austria - Austrija.....	11
3.2.2 Fgsz - Mađarska.....	12
3.2.3 Plinovodi – Slovenija	13
3.2.4 Plinacro – Hrvatska.....	16
3.2.5 Odabir najjeftinije rute	17
3.3 Ulazni podaci o cijenama	18
4 PRORAČUN	20
4.1 Pokretanje, spremanje datoteke s rezultatima i unos plinske godine	20
4.2 Optimiziranje perioda povlačenja i utiskivanja plina u skladište	21
4.2.1 Količine povlačenja	21
4.2.2 Optimiziranje povlačenja	22
4.2.3 Količine i optimiziranje utiskivanja.....	23
4.2.4 Stanje na početku skladišne godine	23
4.2.5 Ručno optimiziranje perioda povlačenja i utiskivanja plina u skladište	24
4.3 Izračun i optimiziranje transportnih kapaciteta	26
4.3.1 Računanje potrebnog kapaciteta	26
4.3.2 Optimiziranje rezerviranih transportnih kapaciteta	27
5 REZULTATI	30
5.1 Radni list „Report“	30
5.2 Radni list „skladisteRezultati“	31

5.3	Radni list „Rezultati“	33
5.4	Radni listovi s prikazom po danima za sve SBU za koje je raden proračun	34
6	REFERENTNI SCENARIJ	36
7	ZAKLJUČAK.....	40
8	LITERATURA	41

POPIS TABLICA

Tablica 2-1 Tarife za transport plina	7
Tablica 2-2 Ovisnost kapaciteta utiskivanja o uskladištenoj količini plina	9
Tablica 3-1 Tarife za transport plina (€/MWh) – Austrija	11
Tablica 3-2 Tarife za transport plina – Mađarska	12
Tablica 3-3 Koeficijenti za kraća razdoblja	13
Tablica 3-4 Tarife za transport plina na ulaznim točkama – Slovenija.....	14
Tablica 3-5 Tarife za transport plina na izlaznim točkama Slovenija	14
Tablica 3-6 Koeficijenti za tromjesečja – Slovenija	14
Tablica 3-7 Koeficijenti za mjesečni i dnevni kapacitet – Slovenija	15
Tablica 3-8 Naknada za mjerenje – Slovenija	15
Tablica 3-9 Faktor za množenje naknade za mjerenje – Slovenija.....	16
Tablica 3-10 Godišnje tarife – Plinacro	16
Tablica 3-11 Mjesečni koeficijenti za tromjesečja – Plinacro	17
Tablica 3-12 Mjesečni koeficijenti – Plinacro	17
Tablica 3-13 Koeficijenti za dnevni kapacitet – Plinacro	17
Tablica 3-14 Usporedba ruta za plinsku godinu 2019./2020.....	18
Tablica 4-1 Ovisnost povučenih količina plina iz skladišta ovisno o tome koliko mjeseci prije se povlačio plin	22
Tablica 4-2 Tablica za optimiziranje perioda povlačenja.....	23
Tablica 5-1 Troškovi	33
Tablica 6-1 Specifikacija troškova.....	37

POPIS SLIKA

Slika 1-1 Potencijalne rute za uvoz plina iz Austrije u Hrvatsku.....	1
Slika 2-1 Kretanje cijene plina u plinskoj godini 2019./2020.....	4
Slika 2-2 Krivulja povlačenja plina iz skladišta (Plinacro, 2017.).....	8
Slika 3-1 Radni list “Input”	10
Slika 3-2 Ulazni radni list s cijenama – “PMP Input”	19
Slika 4-1 Spremanje izvještaja optimizacije	20
Slika 4-2 Unos plinske godine	21
Slika 4-3 Greška, godina nije u predviđenom rasponu.....	21
Slika 4-4 Greška, nepredviđen trend kretanja cijena	24
Slika 4-5 Ručno optimiziranje perioda utiskivanja i povlačenja.....	24
Slika 4-6 Ručno optimizirano povlačenje i utiskivanje	25
Slika 4-7 Računanje potrebnog kapaciteta.....	27
Slika 4-8 Grafički prikaz rezervacije transportnih kapaciteta.....	29
Slika 5-1 Osnovni ulazni podaci i kratki rezultati kada je optimalno zakupiti jedan SBU	30
Slika 5-2 Osnovni ulazni podaci i kratki rezultati kada nije isplativo zakupljivati skladišne kapacitete	31
Slika 5-3 Radni list “skladisteRezultati”	31
Slika 5-4 Utiskivanje i cijena plina.....	32
Slika 5-5 Povlačenje i cijena plina	32
Slika 5-6 Radni list "skladisteRezultati" kada nije isplativo zakupiti skladišne kapacitete....	33
Slika 5-7 Radni list „Rezultati”	34
Slika 5-8 Radni list s detaljnim podacima po danima za pojedini broj SBU (potrošnja i kapacitet)	34
Slika 5-9 Radni list s detaljnim podacima po danima za pojedini broj SBU (podaci o skladištenju i cijeni karakterističnoj cijeni uvezenog plina).....	35
Slika 6-1 Grafički prikaz potrošnje referentnog scenarija	36
Slika 6-2 Rezultati optimizacije	36
Slika 6-3 Rezervacija transportnih kapaciteta - 0 SBU	38
Slika 6-4 Rezervacija transportnih kapaciteta - 1 SBU	38
Slika 6-5 Rezervacija transportnih kapaciteta - 2 SBU	38

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I KRATICA

$\% Q_{POV,SBU}$ – Kapacitet povlačenja plina iz skladišta – postotak zakupljenog skladišnog prostora, %

$\% RV_{SBU}$ – Uskladištena količina plina – postotak zakupljenog skladišnog prostora, %

$C_{distribucije}$ – Trošak distribucije plina, HRK

$C_{M(t)}$ – Naknada za mjerenje, EUR/mjesec

C_{nabave} – Trošak nabave plina, HRK

C_{plin} – Cijena po kojoj je plin kupljen na tržištu, HRK

$C_{plin,k}$ – Cijena plina koju krajnji kupac plaća, HRK

$C_{skladiste}$ – Cijena skladištenja plina, HRK

$C_{transport}$ – Cijena transporta plina, HRK

k_d – Koeficijent koji pomnožen s mjesečnom potrošnjom daje dnevnu potrošnju

Marža – Opskrbna marža, HRK

n_{SBU} – Broj zakupljenih SBU

q – nazivni protok, Nm^3/h

Q_{POV} – Kapacitet povlačenja plina iz skladišta, kWh/dan

Q_{UTIS} – Kapacitet utiskivanja plina u skladište, kWh/dan

RV_{SBU} – Uskladištena količina plina, kWh

$T_{EUR/kWh/dan}$ – Tarifa za transport, EUR/kWh/dan

Z_{Mm} – Ukupna naknada za mjerenje, EUR

CEGH (*engl. Central European gas hub*) – Srednjeeuropsko plinsko čvorište

OTS – Operator transportnog sustava

PSP – Podzemno skladište plina

SBU (*engl. Standard bundled unit*) – Standardni skladišni proizvod

UPP – Ukapljeni prirodni plin

VTT – Virtualna točka trgovanja

1 UVOD

U Hrvatskoj se vlastitom proizvodnjom zadovoljava manje od 40% potražnje za prirodnim plinom, a ostatak je potrebno uvesti (EIHP, 2018.). Najbliže plinsko čvorište na kojem opskrbljivači kupuju plin je austrijski CEGH (*engl. Central European Gas Hub*). Za uvoz plina s tog čvorišta plin je potrebno transportirati kroz tri transportna sustava (Austrija, Mađarska ili Slovenija i Hrvatska) što mu značajno povećava cijenu. Ovaj rad je izrađen u sklopu studentske prakse u tvrtki RWE i u njemu je tržište plina se promatrano s aspekta opskrbljivača. U sklopu ovog rada izrađen je program koji pronalazi način kojim će se plin s CEGH-a dovesti u Hrvatsku po najnižoj cijeni što će maksimalno povećati maržu obzirom na transport.

Rute kojima je moguće uvesti plin u RH i koje se promatraju u ovom radu prikazane su na slici 1-1. Na slici su također naznačene interkonekcije između država.



Slika 1-1 Potencijalne rute za uvoz plina iz Austrije u Hrvatsku

Drugi način povećanja marže jest skladištenje plina. U programu koji je izrađen analizirano je nekoliko scenarija zakupljenog skladišnog kapaciteta ovisno o potrošnji. U programu se računa

način za utiskivanje i povlačenje plina koji će donijeti najveći profit opskrbljivaču. Program izračunava je li isplativo zakupiti skladišne kapacitete i koliko standardnih skladišnih jedinica. Razmatrano skladište plina je PSP Okoli u Hrvatskoj.

Krajnja, odredišna točka plina je VTT (virtualna točka trgovanja) u Hrvatskoj. Virtualna točka trgovanja je mjesto trgovine plinom nakon njegova ulaska u transportni sustav, a prije njegova izlaska iz transportnog sustava, uključujući sustav skladišta plina (HROTE, 2017.).

Program optimizira skladišne i transportne kapacitete na razini jedne plinske godine, a dani se sagledavaju kao plinski dani. Plinska godina započinje 1. listopada u 6:00 i završava u isto vrijeme sljedeće godine.

Program je izrađen pomoću Microsoft Excela i programskog jezika VBA (*engl. Visual Basic for Applications*).

2 CIJENA PLINA

Krajnja cijena plina koju kupac plaća prikazana je jednačinom (2-1):

$$C_{plin,k} = C_{nabave} + C_{distribucije} + Marža \quad (2-1)$$

$C_{plin,k}$ – Cijena plina koju krajnji kupac plaća,

C_{nabave} – Trošak nabave plina,

$C_{distribucije}$ – Trošak distribucije plina,

Marža – Opskrbna marža.

Kako bi ostvarili što veće prihode opskrbljivači nastoje što više sniziti cijenu nabave plina.

Cijena nabave plina prikazana je jednačinom (2-2):

$$C_{nabave} = C_{plin} + C_{transport} + C_{skladiste} \quad (2-2)$$

C_{plin} – Cijena po kojoj je plin kupljen na burzi,

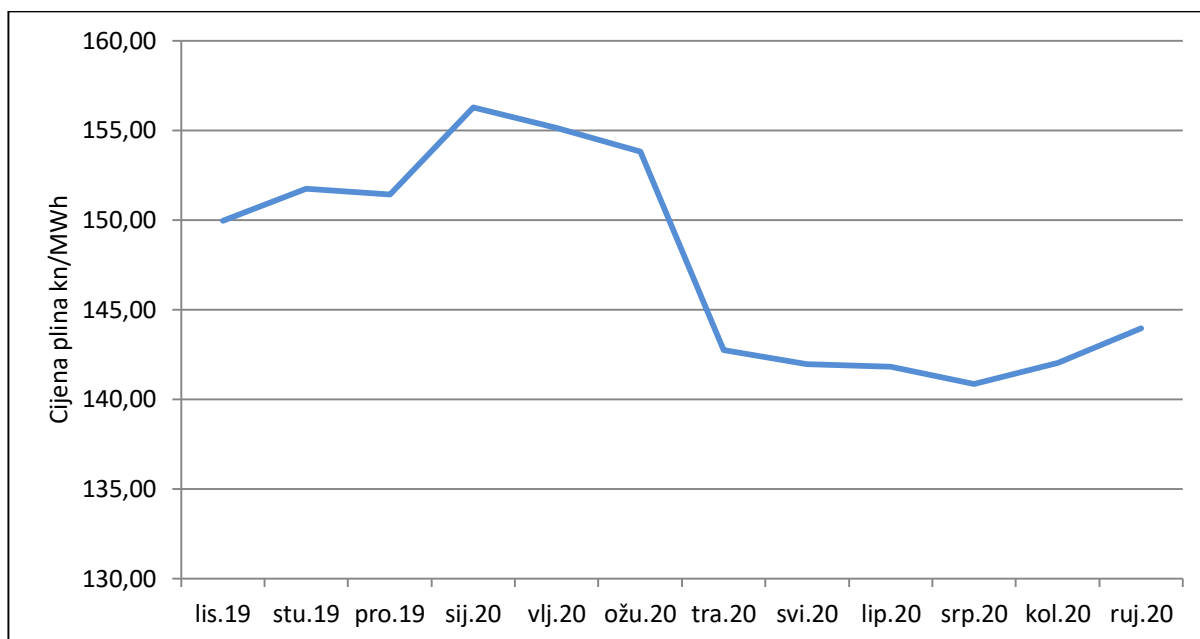
$C_{transport}$ – Cijena transporta plina,

$C_{skladiste}$ – Cijena skladištenja plina.

Cijena nabave može se podijeliti na cijenu plina na tržištu, cijenu transporta i cijenu skladištenja plina. Sve tri cijene su međusobno ovisne. Kako bi se postigao što niži trošak nabave plina potrebno je optimizirati sva tri faktora što je i cilj ovog diplomskog rada.

2.1 Cijena plina na tržištu

Cijena plina na tržištu primarno je funkcija ponude i potražnje i kao takva je najčešće temperaturno ovisna što rezultira manjom cijenom u ljetnim mjesecima i višom cijenom u zimskim mjesecima. Razlika u cijeni u pojedinim razdobljima ključna je za ostvarenje dobiti uz pomoć skladišta plina. Plin se kupuje po niskoj cijeni, skladišti i prodaje po visokoj cijeni. Graf kretanja cijena mjesečnih proizvoda na CEGH je prikazan na slici 2-1.



Slika 2-1 Kretanje cijene plina u plinskoj godini 2019./2020.

Graf na slici 2-1 pokazuje kako se cijene kreću periodički, više su u zimskim, a niže u ljetnim mjesecima, ali zbog volatilnosti cijena može se dogoditi poremećaj tržišta koji uzrokuje porast cijena u ljetnim mjesecima iznad zimskih cijena.

Čimbenici koji utječu na cijenu plina mogu se svrstati u više kategorija:

- Faktori sa strane ponude:
 - proizvodnja prirodnog plina,
 - količine koje se uvoze/izvoze
 - slobodni transportni kapaciteti,
 - zapunjenost skladišta plina,
 - količina UPP-a uskladištena na terminalima.
- Faktori sa strane potražnje:
 - temperatura,
 - stanje gospodarstva,
 - dostupnost i cijena ostalih energenata.
- Ostali faktori:
 - cijena emisija CO₂,
 - geopolitički utjecaji.

2.2 Transport plina

Transport plina regulirana je djelatnost uređena uredbom europske komisije 2017/460 koja uspostavlja mrežna pravila o usklađenim strukturama transportnih tarifa za plin. Mrežna pravila osiguravaju transparentne, nediskriminatorne tarife i metodologije korištene za izračun tarifa koje osiguravaju efikasnu trgovinu i tržišnu konkurenciju (EU 2017/460). Transportom prirodnog plina upravljaju operatori plinskih transportnih sustava udruženi u ENTSOG (*engl. European Network of Transmission System Operators for Gas*), Europska mreža operatora transportnog sustava za plin.

U ovom diplomskom radu pretpostavlja se transport plina kroz Austriju, Mađarsku, Sloveniju i Hrvatsku.

Operator transportnog sustava omogućuje korisnicima zakup kapaciteta na ulazima i izlazima iz sustava. Razlika protoka na ulazima i izlazima u jednom plinskom danu bi trebala biti nula. Kada to nije slučaj provodi se uravnoteženje transportnog sustava sukladno odredbama uredbe BAL, pravilima o organizaciji tržišta plina i mrežnim pravilima transportnog sustava (Plinacro.hr, 2019.). U Hrvatskoj postoje sljedeće kategorije ulaza i izlaza (NN 111/2018):

- Ulaz:
 - ulaz na interkonekciji (ulaz iz drugog transportnog sustava),
 - ulaz iz proizvodnje,
 - ulaz iz sustava skladišta plina,
 - Ulaz iz terminala za UPP.
- Izlaz:
 - izlaz na interkonekciji (izlaz u drugi transportni sustav),
 - izlaz u Hrvatskoj.

U ovom diplomskom radu ulazom će se nazivati ulaz na interkonekciji osim ako nije drugačije naznačeno, a izlazom će se nazivati izlaz iz Hrvatske osim ako nije drugačije naznačeno.

Kapacitet se može zakupiti na sljedeće načine (NN 50/2018):

- Stalni:
 - godišnji,
 - tromjesečni,
 - mjesečni,
 - dnevni,

- unutar dnevnog,
- Prekidivi:
 - godišnji,
 - tromjesečni,
 - mjesečni,
 - dnevni,
 - unutar dnevnog.

Stalni kapacitet predstavlja kapacitet transportnog sustava kojeg operator transportnog sustava osigurava korisniku transportnog sustava u cjelokupnom ugovorenom iznosu za ugovoreno vrijeme (NN 50/2018).

Prekidivi kapacitet je kapacitet transportnog sustava kojega operator transportnog sustava ima pravo ograničiti ili u potpunosti uskratiti korisniku transportnog sustava (NN 50/2018).

U ovom diplomskom radu koristi se samo stalni kapacitet i naziva se kapacitet.

Uz kapacitet postoji i naknada za količinu plina koja se koristi na izlazima iz mađarskog, slovenskog i hrvatskog transportnog sustava. U radu će se koristiti naknade za količinu plina na izlazima iz slovenskog i mađarskog transportnog sustava. Postoji i naknada za mjerenje koja se koristi samo u Sloveniji.

U ovom diplomskom radu za transport plina iz Austrije do Hrvatske korištena je najjeftinija ruta i najjeftinija kombinacija zakupa kapaciteta. Cijena transporta za obje rute po pojedinim periodima kao i najjeftinija ruta su prikazani u tablici 2-1. Prvih 12 redova označenih brojkom označava cijene mjesečnih kapaciteta, a drugih 12 dnevnih. Isto vrijedi i za sve ostale slične tablice u radu.

U tablici 2-1 je vidljivo kako su niže cijene transporta u ljetnim mjesecima, a više u zimskim čime se povećava razlika u cijeni nabave plina i ostvaruje dodatna ušteda skladištenjem.

Tablica 2-1 Tarife za transport plina

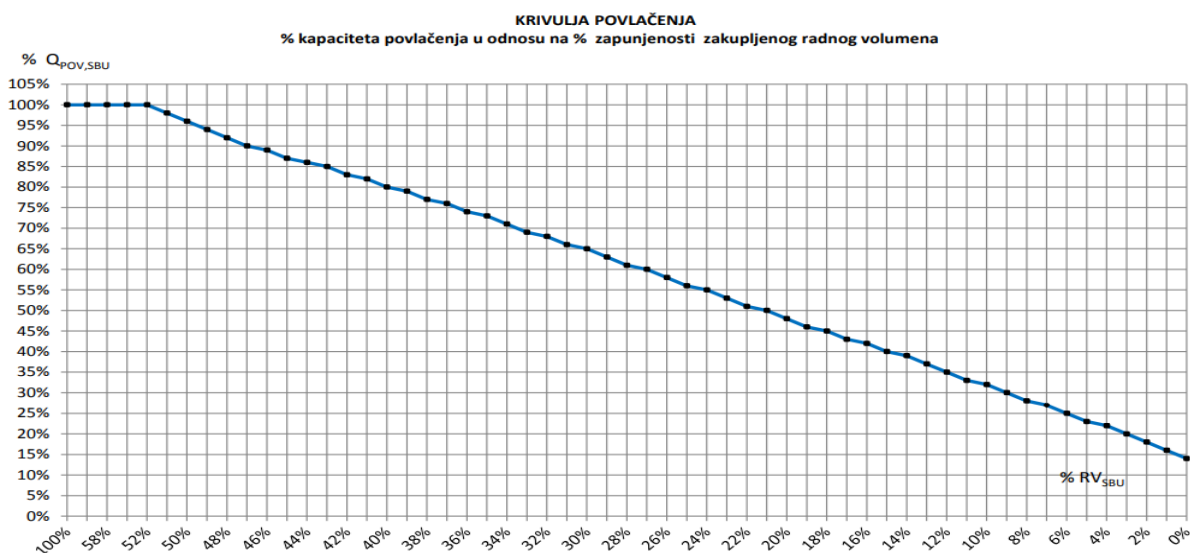
PLINSKA GODINA		2019	2020	Ruta Slovenija										Usporedba ruta				Najjeftinija
kn/MWh		Ruta Mađarska						Ruta Slovenija						Mađarska	Slovenija	HU-SLO	Jeftinije	Kapacitet + Količina
Godina	Period	Aizlaz	HUulaz	HUizlaz	HRulaz	Količina	Kapacitet+Količina	Aizlaz	SLOulaz	SLOizlaz	HRulaz	Količina	Kapacitet+Količina					
2019	Y	0,9490	2,3454	1,9468	5,3907	0,9717	11,6037	2,8203	2,2947	0,7891	5,3907	0,9658	12,2606	11,6037	12,2606	-0,6569	HU	11,6037
2020	Q1	0,9965	4,6223	3,8368	9,2856	0,9717	19,7129	2,9621	4,9867	1,3486	9,2856	0,9658	19,5488	19,7129	19,5488	0,1641	SLO	19,5488
2020	Q2	0,9958	0,7547	0,6264	5,7635	0,9717	9,1120	2,9613	2,8378	0,7675	5,7635	0,9658	13,2958	9,1120	13,2958	-4,1838	HU	9,1120
2020	Q3	0,9958	0,7465	0,6196	5,0674	0,9717	8,4009	2,9613	2,5071	0,6780	5,0674	0,9658	12,1797	8,4009	12,1797	-3,7787	HU	8,4009
2019	Q4	0,9958	3,9189	3,2529	9,0839	0,9717	18,2232	2,9613	4,3347	2,4168	9,0839	0,9658	19,7625	18,2232	19,7625	-1,5393	HU	18,2232
2020	1	1,0907	6,3689	5,2866	10,9657	0,9717	24,6837	3,2433	5,6613	1,5311	10,9657	0,9658	22,3671	24,6837	22,3671	2,3166	SLO	22,3671
2020	2	1,0907	5,0321	4,1770	11,7220	0,9717	22,9936	3,2440	6,0517	1,6366	11,7220	0,9658	23,6202	22,9936	23,6202	-0,6266	HU	22,9936
2020	3	1,0907	3,5998	2,9881	10,9657	0,9717	19,6161	3,2433	4,9604	1,3415	10,9657	0,9658	21,4767	19,6161	21,4767	-1,8606	HU	19,6161
2020	4	1,0915	0,8584	0,7125	6,7988	0,9717	10,4329	3,2440	3,4821	0,9417	6,7988	0,9658	15,4324	10,4329	15,4324	-4,9995	HU	10,4329
2020	5	1,0907	0,8307	0,6896	6,5794	0,9717	10,1622	3,2433	2,4802	0,6707	6,5794	0,9658	13,9394	10,1622	13,9394	-3,7772	HU	10,1622
2020	6	1,0915	0,8584	0,7125	4,5325	0,9717	8,1667	3,2440	2,5629	0,6931	4,5325	0,9658	11,9983	8,1667	11,9983	-3,8316	HU	8,1667
2020	7	1,0907	0,8307	0,6896	4,3863	0,9717	7,9690	3,2433	2,4802	0,6707	4,3863	0,9658	11,7463	7,9690	11,7463	-3,7772	HU	7,9690
2020	8	1,0907	0,8307	0,6896	4,3863	0,9717	7,9690	3,2433	2,4802	0,6707	4,3863	0,9658	11,7463	7,9690	11,7463	-3,7772	HU	7,9690
2020	9	1,0915	0,8584	0,7125	11,3313	0,9717	14,9654	3,2440	2,5629	0,6931	11,3313	0,9658	18,7970	14,9654	18,7970	-3,8316	HU	14,9654
2019	10	1,0907	2,4922	2,0687	11,6488	0,9717	18,2721	3,2433	3,4359	1,9157	11,6488	0,9658	21,2095	18,2721	21,2095	-2,9374	HU	18,2721
2019	11	1,0915	4,2921	3,5627	12,0371	0,9717	21,9551	3,2440	5,2263	2,9140	12,0371	0,9658	24,3871	21,9551	24,3871	-2,4320	HU	21,9551
2019	12	1,0907	6,0920	5,0567	11,6488	0,9717	24,8600	3,2433	5,7724	3,2184	11,6488	0,9658	24,8487	24,8600	24,8487	0,0114	SLO	24,8600
2020	1	1,2369	10,5586	8,7643	22,3388	0,9717	43,8703	3,6788	11,7000	3,1642	22,3388	0,9658	41,8476	43,8703	41,8476	2,0227	SLO	41,8476
2020	2	1,2369	7,8116	6,4841	22,3388	0,9717	38,8432	3,6788	11,7000	3,1642	22,3388	0,9658	41,8476	38,8432	41,8476	-3,0044	HU	38,8432
2020	3	1,2369	5,9231	4,9165	22,3388	0,9717	35,3870	3,6788	10,0286	2,7122	22,3388	0,9658	39,7241	35,3870	39,7241	-4,3371	HU	35,3870
2020	4	1,2369	1,3735	1,1401	13,2090	0,9717	17,9312	3,6788	6,9364	1,8759	13,2090	0,9658	26,6660	17,9312	26,6660	-8,7348	HU	17,9312
2020	5	1,2369	1,3735	1,1401	13,2090	0,9717	17,9312	3,6788	4,0114	1,0849	13,2090	0,9658	22,9499	17,9312	22,9499	-5,0187	HU	17,9312
2020	6	1,2369	1,3735	1,1401	8,9355	0,9717	13,6577	3,6788	4,0114	1,0849	8,9355	0,9658	18,6764	13,6577	18,6764	-5,0187	HU	13,6577
2020	7	1,2369	1,3735	1,1401	8,9355	0,9717	13,6577	3,6788	4,0114	1,0849	8,9355	0,9658	18,6764	13,6577	18,6764	-5,0187	HU	13,6577
2020	8	1,2369	1,3735	1,1401	8,9355	0,9717	13,6577	3,6788	4,0114	1,0849	8,9355	0,9658	18,6764	13,6577	18,6764	-5,0187	HU	13,6577
2020	9	1,2369	1,3735	1,1401	13,2090	0,9717	17,9312	3,6788	4,0114	1,0849	13,2090	0,9658	22,9499	17,9312	22,9499	-5,0187	HU	17,9312
2019	10	1,2369	4,1204	3,4202	14,0318	0,9717	23,7811	3,6788	7,0725	3,9434	14,0318	0,9658	29,6923	23,7811	29,6923	-5,9112	HU	23,7811
2019	11	1,2369	6,8674	5,7003	23,7303	0,9717	38,5066	3,6788	10,2254	5,7012	23,7303	0,9658	44,3015	38,5066	44,3015	-5,7949	HU	38,5066
2019	12	1,2369	10,0435	8,3367	23,7303	0,9717	44,3192	3,6788	11,9296	6,6514	23,7303	0,9658	46,9559	44,3192	46,9559	-2,6367	HU	44,3192

2.3 Skladištenje

Pretpostavljeno je da se plin skladišti u Republici Hrvatskoj, u PSP Okoli. Iako postoje usluge zakupa volumena, stalnog i prekidivog utiskivanja i povlačenja zbog prevelike potražnje sav kapacitet skladištenja se rasproda kroz standardne pakete skladišnog kapaciteta (SBU) (NN 50/2018).

SBU (*engl. Standard bundled unit*) predstavlja paket radnog volumena u iznosu od 50 GWh s pridruženim krivuljama ovisnosti kapaciteta utiskivanja i kapaciteta povlačenja o obujmu plina uskladištenog u određenom trenutku (NN 50/2018).

U diplomskom radu pretpostavljen je maksimalan broj SBU-a dovoljan da pokrije 75% uvećane godišnje potrošnje.



% Q_{POV,SBU} – Kapacitet povlačenja plina iz skladišta, %

% RV_{SBU} – Uskladištena količina plina, %

Slika 2-2 Krivulja povlačenja plina iz skladišta (Plinacro, 2017.)

Na slici 2-2 je prikazana krivulja povlačenja plina iz skladišta. Do 52% zapunjenosti skladišta moguće je povlačenje maksimalnim kapacitetom. Maksimalan kapacitet povlačenja izražava se jednadžbom (2-3):

$$Q_{POV} = 540.338 \cdot n_{SBU} \left(\frac{kWh}{d} \right) \quad (2-3)$$

Q_{POV,MAX} – Maksimalni kapacitet povlačenja plina iz skladišta, kWh/d

n_{SBU} – Broj zakupljenih SBU

Jednadžba (2-4) prikazuje ovisnost kapaciteta povlačenja o količini plina u skladištu od 0% do 52% zapunjenosti skladišta:

$$Q_{POV} = 0,01742 \cdot RV_{SBU} + 84.597 \cdot n_{SBU} \left(\frac{kWh}{d} \right) \quad (2-4)$$

Q_{POV} – Kapacitet povlačenja plina iz skladišta, kWh/d

RV_{SBU} – Uskladištena količina plina, kWh

U tablici 2-2 prikazana je ovisnost kapaciteta utiskivanja o uskladištenoj količini plina u određenom trenutku.

Tablica 2-2 Ovisnost kapaciteta utiskivanja o uskladištenoj količini plina (Plinacro, 2017.)

%RV _{SBU}	%Q _{UTIS,SBU}
%kWh	%kWh/d
<93%	100%
93% - 98%	83%
99%	47%
100%	33%

%Q_{UTIS,SBU} – Kapacitet utiskivanja plina u skladište

Maksimalan kapacitet utiskivanja plina u skladište izražava se jednadžbom (2-5):

$$Q_{UTIS} = 405.253 \cdot n_{SBU} \left(\frac{kWh}{d} \right) \quad (2-5)$$

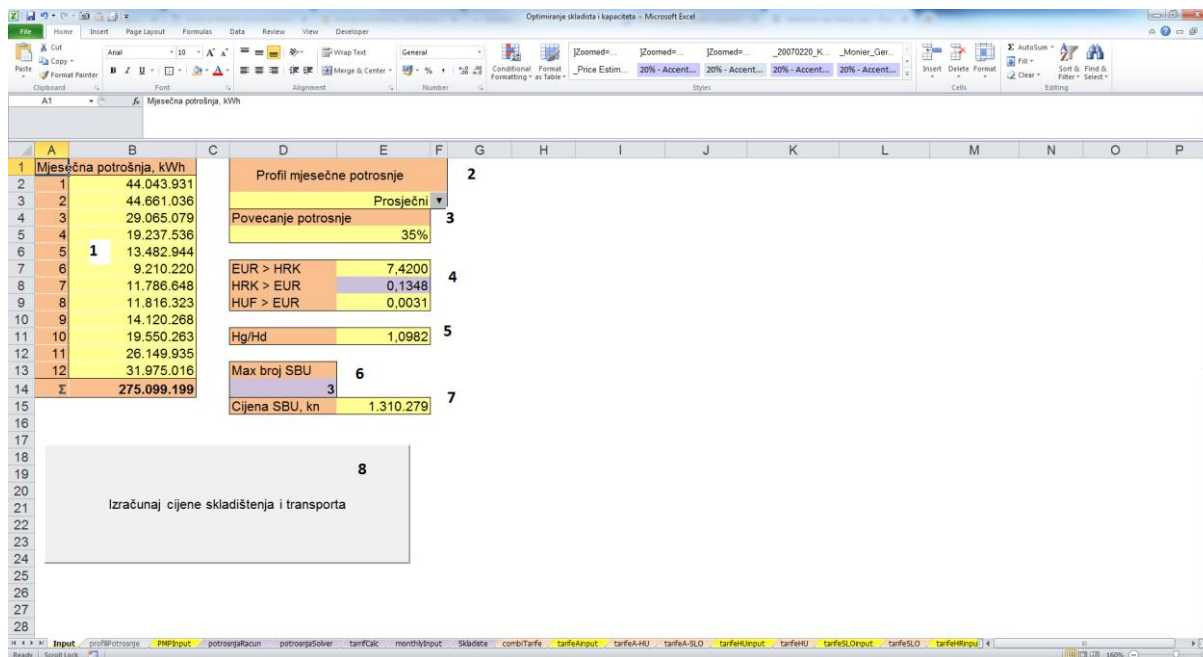
$Q_{UTIS,MAX}$ – Maksimalni kapacitet utiskivanja plina u skladište, kWh/d

3 ULAZNI PODACI

Program je kreiran tako da su sve ćelije gdje je potrebno unijeti podatke osjenčane žutom bojom.

3.1 Osnovni ulazni podaci

Pri otvaranju programa otvori se prvi radni list, „Input“ vidljiv na slici 3-1.



Slika 3-1 Radni list „Input“

1 – Unos mjesečne potrošnje u kWh.

2 – Odabir profila rasporeda mjesečne potrošnje po danima.

Profil mjesečne potrošnje računaju se iz agregirane potrošnje na svim distributivnim sustavima od 1.1.2011. do 31.12.2018. Podaci se dobivaju iz sustava upravljanja kapacitetima na stranicama Plinacra (www.sukap.plinacro.hr). Ulazni podaci nalaze se na radnom listu „protociUlaz“, a izračunati profili za unesenu potrošnju na radnom listu „profiliPotrosnje“. Preporučuje se korištenje profila „Prosječni“ koji raspodjeljuje mjesečnu potrošnju po prosječnim potrošnjama od 2011. do 2018. Rezultat profila je koeficijent k_d koji pomnožen s mjesečnom potrošnjom daje dnevnu potrošnju.

3 – Mogućnost unosa povećanja potrošnje ako se očekuje povećanje potrošnje za sljedeću godinu, k_{pov}

4 – Tečajevi.

5 – Korekcija ogrjevnosti vrijednosti. U Austriji, Mađarskoj i Sloveniji količina energije u jednom m³ plina izražava se pomoću gornje ogrjevnosti vrijednosti, a u Hrvatskoj pomoću donje. Stoga je potrebno količine ili tarife u inozemstvu pomnožiti s navedenim korekcijskim faktorom. Odnosno, na CEGH-u je potrebno kupiti 109,82MWh plina za isporuku 100MWh plina u Hrvatskoj.

6 – Maksimalni broj SBU-a računa se kao najmanji broj SBU koji omogućava skladištenje 75% potrošnje. U nekim slučajevima velike razlike između ljetnih i zimskih cijena proračun bi pokazao da je idealno rezervirati beskonačno SBU-a, ali zbog rizika promjene cijena maksimalni broj SBU je ograničen.

7 – Cijena jednog SBU-a.

8 – Tipka za početak izračuna.

3.2 Ulazni podaci o tarifama

Operatori izražavaju tarife u različitim formatima, stoga se u radu sve tarife svode na EUR/MWh radi usklađivanja tarifa i jednostavnosti proračuna. Sve tarife prema mrežnim pravilima moraju biti jednostavno dostupne na internetskim stranicama OTS-a.

3.2.1 Gas Connect Austria - Austrija

Austrijski OTS, Gas Connect Austria, svoje tarife izražava u EUR/MWh, a korištene tarife prikazane su u tablici 3-1.

Tablica 3-1 Tarife za transport plina – Austrija (Gas Connect Austria, 2019.)

Naziv interkonekcije / Period	Murfeld izlaz	Mosonmagyarovar izlaz
Godina	0,3801	0,1279
Q1	0,3991	0,1343
Q2	0,3991	0,1343
Q3	0,3991	0,1343
Q4	0,3991	0,1343
1	0,4371	0,1470
2	0,4371	0,1470

3	0,4371	0,1470
4	0,4371	0,1470
5	0,4371	0,1470
6	0,4371	0,1470
7	0,4371	0,1470
8	0,4371	0,1470
9	0,4371	0,1470
10	0,4371	0,1470
11	0,4371	0,1470
12	0,4371	0,1470
Dan	0,4958	0,1667

3.2.2 Fgsz - Mađarska

Mađarski OTS, FGSZ, svoje tarife izražava u HUF/kWh/h/god, a tarifna stavka za količinu plina izražava se u HUF/MWh. Tarife vrijede za jednu plinsku godinu i mijenjaju se za svaku plinsku godinu. Način na koji se objavljuju godišnje tarife prikazan je u tablici 3-2 u kojoj su cijene za plinsku godinu 2019./2020. za korištene interkonekcije u radu.. Koeficijenti za kraća razdoblja naznačeni su u tablici 3-3.

Tablica 3-2 Tarife za transport plina – Mađarska (FGSZ, 2019.)

Naziv interkonekcije	Godišnja tarifa (HUF/kWh/h/god)
Mosonmagyaróvár ulaz	891,31
Dravaszerdahely izlaz	739,84
Tarifna stavka za količinu plina (HUF/MWh)	42,04

Tablica 3-3 Koeficijenti za kraća razdoblja (FGSZ, 2019.)

	Tromjesečni	Mjesečni	Dnevni	Unutar dana (množi se s br. sati)
Siječanj	49%	23%	1,23%	0,08%
Veljača		17%	0,91%	0,06%
Ožujak		13%	0,69%	0,05%
Travanj	8%	3%	0,16%	0,01%
Svibanj		3%	0,16%	0,01%
Lipanj		3%	0,16%	0,01%
Srpanj	8%	3%	0,16%	0,01%
Kolovoz		3%	0,16%	0,01%
Rujan		3%	0,16%	0,01%
Listopad	42%	9%	0,48%	0,03%
Studen		15%	0,80%	0,05%
Prosinac		22%	1,17%	0,08%

Način na koji se tarife preračunavaju iz HUF/kWh/h/god u EUR/MWh za pojedine periode prikazan je jednadžbom (3-1):

$$T_{EUR/MWh} = T_{HUF/kWh/h/god} \cdot \frac{k_{HUF>EUR} \cdot k_p}{24 \cdot n_d} \cdot 1000 \left(\frac{EUR}{MWh} \right) \quad (3-1)$$

$T_{EUR/MWh}$ – Tarifa u EUR/Mwh.

$T_{HUF/kWh/h/god}$ – Tarifa u HUF/kWh/h/god.

$k_{HUF>EUR}$ – Koeficijent za pretvaranje mađarskih forinti u eure.

k_p – Koeficijent za kraće periode iz tablice 3-3.

n_d – Broj dana u periodu.

3.2.3 Plinovodi – Slovenija

Slovenski OTS, Plinovodi, svoje tarife izražava u EUR/(kWh/dan). Način na koji se objavljuju godišnje ulazne tarife prikazan je u tablici 3-4, a izlazne u tablici 3-5. Tarife vrijede za kalendarsku godinu i mijenjaju se svake godine.

Tablica 3-4 Tarife za transport plina na ulaznim točkama – Slovenija (Plinovodi, 2019.)

Naziv ulazne točke	Ulazna tarifa 2019 [EUR/(kWh/dan)]	Ulazna tarifa 2020 [cent/(kWh/dan)]	Ulazna tarifa 2020 [cent/(kWh/dan)]
MMRP Ceršak	0,11484	11,26300	11,60100
MMRP Šempeter pri Novi Gorici	0,08352	8,29800	8,54700
MMRP Rogatec	0,08644	2,74200	2,82400
Ulazne točke unutar Slovenije	0,08513	7,24300	7,46000

Tablica 3-5 Tarife za transport plina na izlaznim točkama Slovenija (Plinovodi, 2019.)

Naziv izlazne točke	Izlazna tarifa 2019 [EUR/(kWh/dan)]	Izlazna tarifa 2020 [cent/(kWh/dan)]	Izlazna tarifa 2020 [cent/(kWh/dan)]
MMRP Ceršak	0,10335	10,13600	10,44000
MMRP Šempeter pri Novi Gorici	0,09216	9,22000	9,49700
MMRP Rogatec	0,06403	3,04600	3,13700
Izlazne točke unutar Slovenije	0,43289	50,17195	51,67700

Mjesečni koeficijenti za tromjesečni kapacitet prikazani su u tablici 3-6. Bitno je naglasiti da su koeficijenti mjesečni pa se pri računanju jedinične cijene MWh iz godišnje tarife množe s tri zbog tri mjeseca u tromjesečju. Također je bitno naglasiti da slovenski OTS za prvo tromjesečje uzima period od listopada do prosinca, a u proračunu se kao prvo tromjesečje (Q1) gleda prvo tromjesečje kalendarske godine, od siječnja do ožujka.

Tablica 3-6 Koeficijenti za tromjesečja – Slovenija (Uradni list RS, št. 20/19)

Tromjesečje	k_p
Prvo (lis. – pro.)	0,156
Drugo (sij. – ožu.)	0,181
Treće (tra. – lip.)	0,103
Četvrto (srp. – ruj.)	0,092

Koeficijenti za mjesečni i dnevni kapacitet prikazani su u tablici 3-7.

Tablica 3-7 Koeficijenti za mjesečni i dnevni kapacitet – Slovenija (Uradni list RS, št. 20/19)

	Mjesec	Mjesečni k_p	Dnevni k_p
1	Siječanj	0,210	0,0140
2	Veljača	0,210	0,0140
3	Ožujak	0,184	0,0120
4	Travanj	0,125	0,0083
5	Svibanj	0,092	0,0048
6	Lipanj	0,092	0,0048
7	Srpanj	0,092	0,0048
8	Kolovoz	0,092	0,0048
9	Rujan	0,092	0,0048
10	Listopad	0,125	0,0083
11	Studen	0,184	0,0120
12	Prosinac	0,210	0,0140

Način na koji se tarife preračunavaju iz EUR/kWh/dan u EUR/MWh za pojedine periode prikazan je jednadžbom (3-2):

$$T_{EUR/MWh} = T_{EUR/kWh/dan} \cdot \frac{k_p \cdot a}{n_d} \cdot 1000 \left(\frac{EUR}{MWh} \right) \quad (3-2)$$

$T_{EUR/kWh/dan}$ – Tarifa u EUR/kWh/dan.

a – Ako se računa tarifa za tromjesečje $a=3$, u ostalim slučajevima $a=1$.

U Sloveniji je u cijenu transporta potrebno uključiti i naknadu za mjerenje čija je cijena prikazana u tablici 3-8.

Tablica 3-8 Naknada za mjerenje – Slovenija (Uradni list RS, št. 20/19)

Naknada za mjerenje ($C_{M(t)}$)	2019.	2020.	2021.
[EUR/mjesec]	20,14334	20,52606	21,14184

$C_{M(t)}$ – Naknada za mjerenje, EUR/mjesec

Naknada za mjerenje množi se faktorom ovisno o protoku iz tablice 3-9:

Tablica 3-9 Faktor za množenje naknade za mjerenje – Slovenija (Uradni list RS, št. 20/19)

Nazivni protok (q), Nm ³ /h	f
$q \leq 500$	1
$500 < q \leq 1\,000$	2
$1\,000 < q \leq 2\,000$	4
$2\,000 < q \leq 5\,000$	6
$q > 5\,000$	8

q – nazivni protok, Nm³/h

Jednadžba (3-3) za naknadu za mjerenje je:

$$Z_{Mm} = C_{M(t)} \cdot f \text{ (EUR/mjesec)} \quad (3-3)$$

Z_{Mm} – Ukupna naknada za mjerenje, EUR

3.2.4 Plinacro – Hrvatska

Hrvatski OTS, Plinacro, svoje tarife izražava u HRK/(kWh/dan). Način na koji se objavljuju godišnje tarife prikazan je u tablici 3-10. Tarife vrijede za kalendarsku godinu.

Tablica 3-10 Godišnje tarife – Plinacro (NN 111/2018)

Vrsta tarifnih stavki	Oznaka tarifne stavke	Naziv tarifne stavke	Tarifne stavke - prema izvanrednoj reviziji (bez PDV-a)			Mjerna jedinica
			T+2 2019.	T+3 2020.	T+4 2021.	
Tarifne stavke za ugovoreni stalni kapacitet na godišnjoj razini za ulaze u transportni sustav	T _{U,IN}	Tarifna stavka za ulaz na interkonekciji	2,0635	1,9425	1,8294	kn/kWh/dan
	T _{U,PR}	Tarifna stavka za ulaz iz proizvodnje	1,8572	1,7483	1,6465	kn/kWh/dan
	T _{U,SK}	Tarifna stavka za ulaz iz sustava skladišta plina	0,2064	0,1943	0,1829	kn/kWh/dan
	T _{U,UPP}	Tarifna stavka za ulaz iz terminala za UPP				kn/kWh/dan
Tarifne stavke za ugovoreni stalni kapacitet na godišnjoj razini za izlaze iz transportnog sustava	T _{I,IN}	Tarifna stavka za izlaz na interkonekciji	5,0941	4,2989	4,3087	kn/kWh/dan
	T _{I,HR}	Tarifna stavka za izlaz u Hrvatskoj	0,7641	0,6448	0,6463	kn/kWh/dan
	T _{I,ZZ}	Tarifna stavka za izlaz u zasebnoj zoni				kn/kWh/dan
Tarifna stavka za količinu plina na izlazima iz transportnog sustava	T _K	Tarifna stavka za količinu plina	0,0015	0,0015	0,0014	kn/kWh

Mjesečni koeficijenti za tromjesečja prikazani su u tablici 3-11. Bitno je naglasiti da su koeficijenti mjesečni pa se pri računanju jedinične cijene MWh iz godišnje tarife množe s tri zbog tri mjeseca u tromjesečju.

Tablica 3-11 Mjesečni koeficijenti za tromjesečja – Plinacro (NN 48/2018)

Tromjesečje	Koeficijenti za tromjesečni kapacitet (KTM)
Siječanj, veljača, ožujak	0,145
Travanj, svibanj, lipanj	0,090
Srpanj, kolovoz, rujan	0,080
Listopad, studeni, prosinac	0,135

Koeficijenti za mjesečni kapacitet prikazani su u tablici 3-12:

Tablica 3-12 Mjesečni koeficijenti – Plinacro (NN 48/2018)

Mjesec	Koeficijent za mjesečni kapacitet (KM)
Siječanj	0,175
Veljača	0,175
Ožujak	0,175
Travanj	0,105
Svibanj	0,105
Lipanj	0,070
Srpanj	0,070
Kolovoz	0,070
Rujan	0,105
Listopad	0,105
Studen	0,175
Prosinac	0,175

Koeficijenti za dnevni kapacitet prikazani su u tablici 3-13:

Tablica 3-13 Koeficijenti za dnevni kapacitet – Plinacro (NN 48/2018)

Mjesec u kojem se koristi stalni kapacitet transportnog sustava na dnevnoj razini	Koeficijent za dnevni kapacitet (KD)
Siječanj	0,0115
Veljača	0,0115
Ožujak	0,0115
Travanj	0,0068
Svibanj	0,0068
Lipanj	0,0046
Srpanj	0,0046
Kolovoz	0,0046
Rujan	0,0068
Listopad	0,0068
Studen	0,0115
Prosinac	0,0115

3.2.5 Odabir najjeftinije rute

Nakon unosa tarifa i koeficijenata u za to namijenjene radni listove, u posebnim radnim listovima se računaju tarife za svaku godinu počevši od 2019. do 2050. Ako za neku godinu nisu objavljene ili unesene tarife uzimaju se tarife za prethodnu godinu.

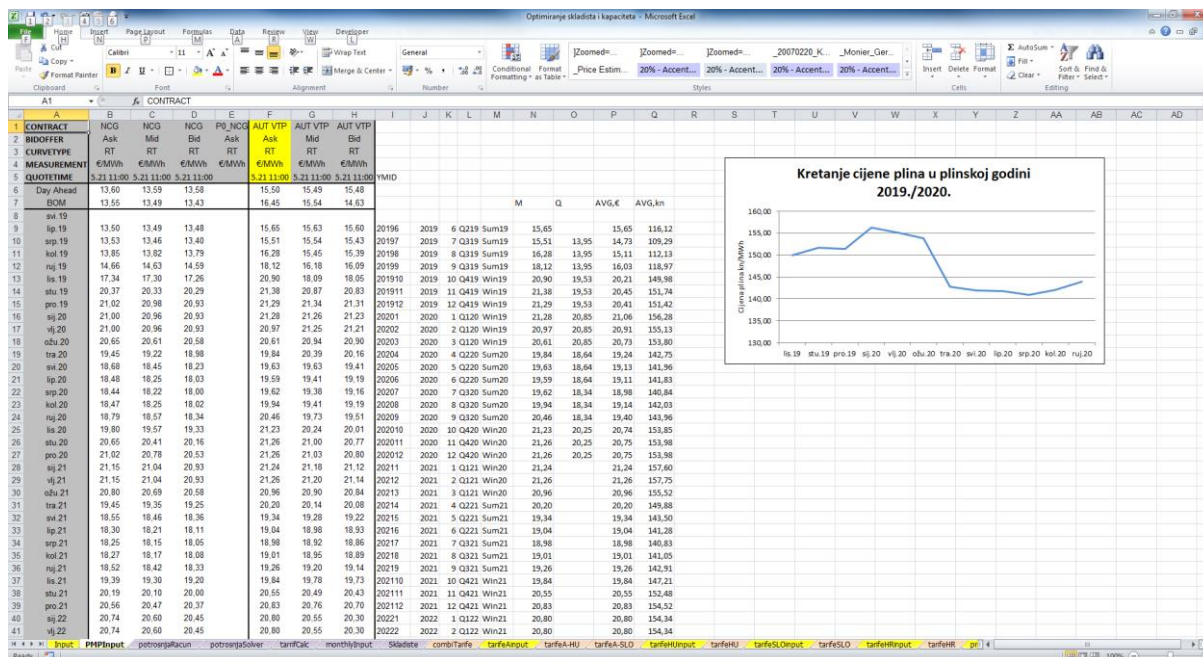
U radnom listu „combiTarife“ računa se kojom je rutom najjeftinije uvesti plin u Hrvatsku. Usporedba ruta za plinsku godinu 2019./2020. prikazana je u tablici 3-14.

Tablica 3-14 Usporedba ruta za plinsku godinu 2019./2020.

Usporedba ruta		2019/2020				Najjeftinija Kapacitet + Količina
Period	€/MWh	Ruta Mađarska	Ruta Slovenija	HU-SLO	Jeftinije:	
Y		1,5638	1,6524	-0,0885	HU	1,6524
Q1		2,6567	2,6346	0,0221	SLO	2,6346
Q2		1,2280	1,7919	-0,5638	HU	1,7919
Q3		1,1322	1,6415	-0,5093	HU	1,1322
Q4		2,4560	2,6634	-0,2075	HU	2,6634
1		3,3266	3,0144	0,3122	SLO	3,3266
2		3,0989	3,1833	-0,0844	HU	3,0989
3		2,6437	2,8944	-0,2507	HU	2,6437
4		1,4061	2,0798	-0,6738	HU	2,0798
5		1,3696	1,8786	-0,5091	HU	1,3696
6		1,1006	1,6170	-0,5164	HU	1,1006
7		1,0740	1,5831	-0,5091	HU	1,0740
8		1,0740	1,5831	-0,5091	HU	1,0740
9		2,0169	2,5333	-0,5164	HU	2,0169
10		2,4626	2,8584	-0,3959	HU	2,4626
11		2,9589	3,2867	-0,3278	HU	2,9589
12		3,3504	3,3489	0,0015	HU	3,3504
1		5,9124	5,6398	0,2726	SLO	5,9124
2		5,2349	5,6398	-0,4049	HU	5,2349
3		4,7691	5,3537	-0,5845	HU	5,3537
4		2,4166	3,5938	-1,1772	HU	3,5938
5		2,4166	3,0930	-0,6764	HU	2,4166
6		1,8407	2,5170	-0,6764	HU	1,8407
7		1,8407	2,5170	-0,6764	HU	1,8407
8		1,8407	2,5170	-0,6764	HU	1,8407
9		2,4166	3,0930	-0,6764	HU	2,4166
10		3,2050	4,0017	-0,7967	HU	3,2050
11		5,1896	5,9705	-0,7810	HU	5,1896
12		5,9729	6,3283	-0,3554	HU	5,9729

3.3 Ulazni podaci o cijenama

Ulazni podaci o cijenama nalaze se u radnom listu „PMP Input“. Izgled tablice prikazan je na slici 3-2.



Slika 3-2 Ulazni radni list s cijenama – “PMP Input”

Tablica s lijeve strane uvozi se iz RWE burze u Njemačkoj i prikazuje cijene na austrijskoj burzi čak i u trenucima kada austrijska burza nije likvidna i ne postoje direktne ponude na burzi.

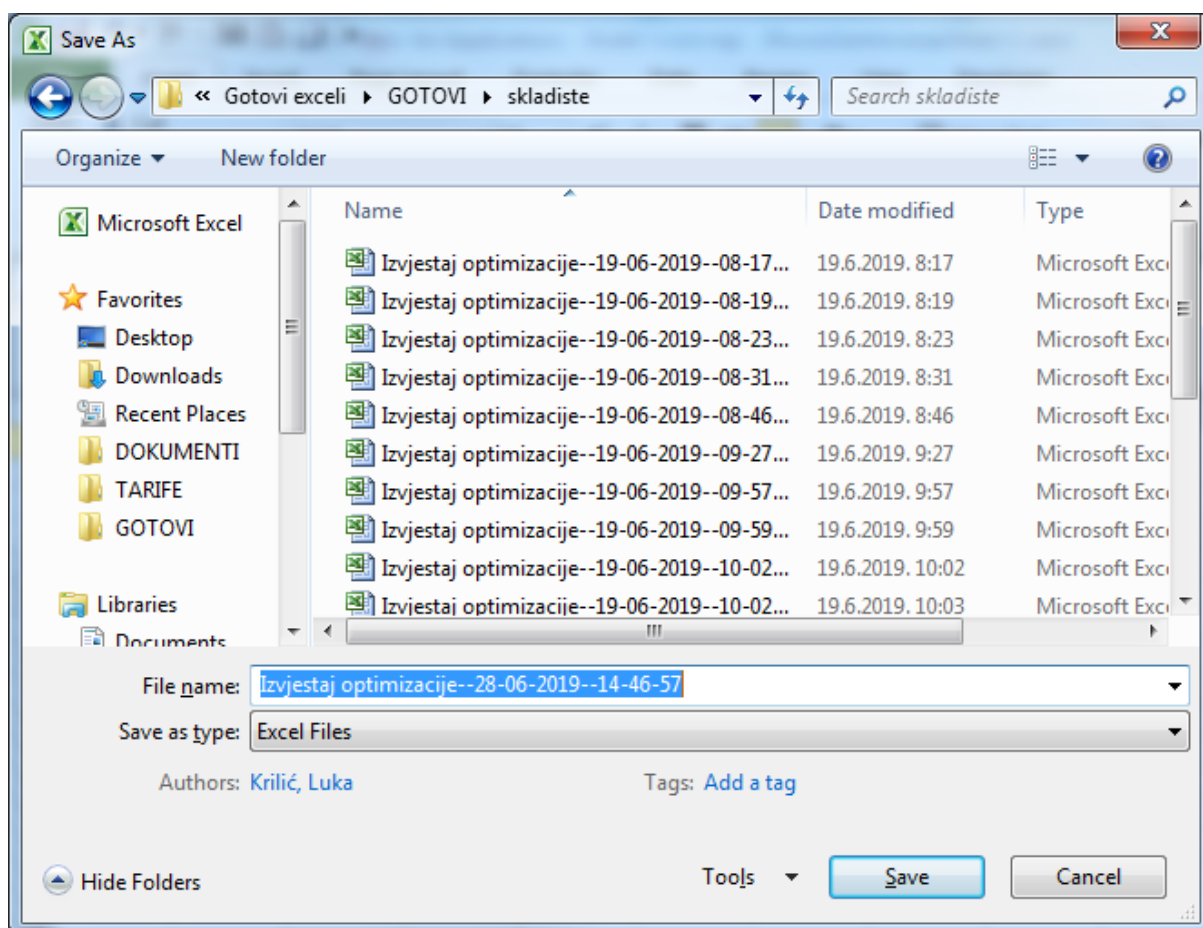
Nastavak tablice, s desne strane, računa karakterističnu cijenu plina iz tablice. Karakteristična cijena plina aritmetička je sredina između mjesečne i tromjesečne cijene i koristi se kao mjerodavna cijena plina za sve proračune u programu.

4 PRORAČUN

Proračun se započinje odabirom opcije „Izračunaj cijene skladištenja“ na radnom listu „Input“ označenom brojem 8 na slici 3-1.

4.1 Pokretanje, spremanje datoteke s rezultatima i unos plinske godine

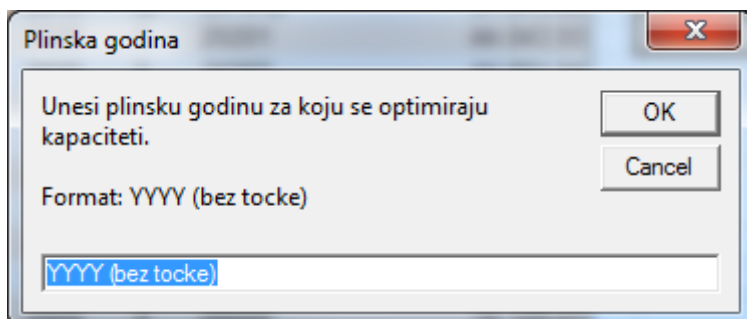
Nakon pokretanja, program otvara novu excel datoteku u koju će se spremiti rezultati proračuna. Korisnik se obavještava kako će morati odabrati gdje želi spremiti izvještaj optimizacije i otvara dijaloški okvir (slika 4-1) u kojem korisnik bira gdje želi spremiti rezultate proračuna. Zadani naziv datoteke s rezultatima je „Izvjestaj optimizacije—dd-mm-yyyy—hh-mm-ss“.



Slika 4-1 Spremanje izvještaja optimizacije

Nakon spremanja datoteke s rezultatima potrebno je unijeti plinsku godinu za koju se radi optimizacija kako bi program odabrao odgovarajuće cijene transporta i skladištenja. Ako nisu unesene cijene za neke godine u budućnosti, program odabire posljednje poznate cijene.

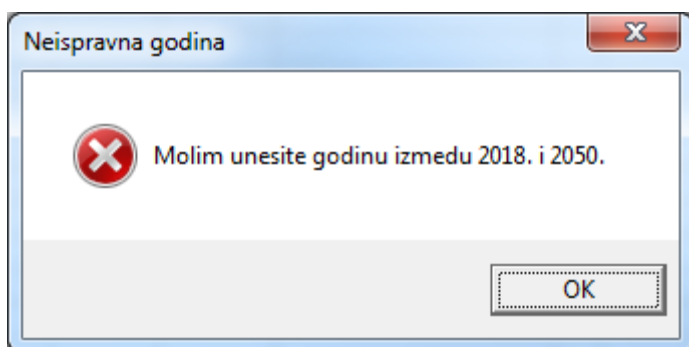
Plinska godina se unosi kao prva kalendarska godina plinske godine. Program traži da se godina unese u formatu YYYY (bez točke) što je i naznačeno u dijaloškom okviru, slika 4-2.



Slika 4-2 Unos plinske godine

Ako se unese bilo što osim broja, program obavještava korisnika da je plinska godina unesena u pogrešnom formatu.

Program dozvoljava da se unesu vrijednosti od 2018. do 2050. Ako se unese neka druga vrijednost, program traži od korisnika da unese godinu između 2018. i 2050., slika 4-3.



Slika 4-3 Greška, godina nije u predviđenom rasponu

4.2 Optimiziranje perioda povlačenja i utiskivanja plina u skladište

Nakon unosa plinske godine, program optimizira periode utiskivanja i povlačenja plina u skladište, u radnom listu „Skladište“. Zbog veće ovisnosti povlačenja o stanju u skladištu prvo se optimiziraju periodi povlačenja.

4.2.1 Količine povlačenja

Količina plina koja se može povući iz skladišta ovisi o stanju u skladištu. Prazno skladište napuni se nakon pet mjeseci utiskivanja, a puno skladište isprazni se nakon pet mjeseci povlačenja.

Iterativnom metodom testiranja, pomoću krivulje povlačenja, izračunato je koliki udio SBU-a je moguće povući u jednom mjesecu ovisno o stanju u skladištu. Stanje u skladištu označava se brojevima od 0 do 5 i označava se n_{stanje} , predstavlja stanje nakon n mjeseci povlačenja:

- 5 – puno skladište,
- 4 – puno skladište umanjeno za prvi mjesec povlačenja,
- 3 – puno skladište umanjeno za prva dva mjeseca povlačenja,
- 2 – puno skladište umanjeno za prva tri mjeseca povlačenja,
- 1 – puno skladište umanjeno za prva četiri mjeseca povlačenja,
- 0 – prazno skladište.

Gore navedena metoda vrijedi samo ako se skladište prazni, bez utiskivanja, od početka pražnjenja. To ne znači da se mora konstantno prazniti, već ako tako cijene nalažu, u nekim mjesecima se može zaustaviti pražnjenje. U tablici 4-1 je prikazano koliki se postotak SBU-a može povući i utisnuti u jednom mjesecu, ovisno o stanju u skladištu.

Tablica 4-1 Ovisnost povučenih količina plina iz skladišta ovisno o tome koliko mjeseci prije se povlačio plin

n_{stanje}	%SBU _{pov}
5	32%
4	32%
3	19%
2	11%
1	6%
0	0%

%SBU_{pov} – Udio skladišnog kapaciteta koji je moguće povući u mjesecu

4.2.2 Optimiziranje povlačenja

Prije same optimizacije program provjerava radi li se o predviđenom trendu kretanja cijena. Provjerava se je li cijena plina najniža u šest ljetnih mjeseci (travanj do rujan).

Nakon provjere program započinje s optimiziranjem perioda povlačenja, tablica 4-2.

Tablica 4-2 Tablica za optimiziranje perioda povlačenja

Mjesec	Cijena	Povlačenje	Stanje	Pov*Cij	%SBU	Cijena*%SBU
10	21,14	0	5	0,00	0,3242	0,00
11	21,60	0	5	0,00	0,3242	0,00
12	21,78	1	5	21,78	0,3242	7,06
1	22,39	1	4	22,39	0,3118	6,98
2	22,23	1	3	22,23	0,1937	4,31
3	21,87	1	2	21,87	0,1068	2,34
4	19,58	1	1	19,58	0,0635	1,24
		5			Ponder cijena	21,93

Program računa u kojim mjesecima je potrebno povlačiti plin kako bi se ostvario najviši prihod. Indikator najvišeg ukupnog prihoda je najviša ponderirana cijena koja se računa pomoću excel solvera. Uvjeti koji se zadaju solveru su:

- Najviše 5 mjeseci povlačenja;
- Vrijednost u stupcu Povlačenje smije biti 0 ili 1;

Značenje stupaca u tablici 4-2 je:

- Cijena – Karakteristična cijena plina, EUR/MWh;
- Povlačenje – Ako se u određenom mjesecu povlači plin iz skladišta vrijednost je jednaka 1, a ako se ne povlači vrijednost je jednaka 0;
- Stanje - n_{stanje} , %SBU;
- $\text{Pov} \times \text{Cij}$ (Povlačenje \times Cijena) – Vrijednost koja određuje hoće li se cijena plina u određenom mjesecu razmatrati ovisno o povlačenju;
- %SBU – Količina koju je moguće povući ovisno o stanju u skladištu;
- Cijena \times %SBU – Umnožak cijene i povučene količine;
- Ponder cijena – Zbroj svih umnožaka cijene i povučene količine, program traži najveću vrijednost, EUR/MWh.

4.2.3 Količine i optimiziranje utiskivanja

S obzirom da je krivulja utiskivanja uglavnom ravna optimiziranje utiskivanja radi se tako da se utiskivanje obavlja u pet mjeseci s najnižim cijenama, osim u slučaju da je u travnju predviđeno povlačenje. U tom slučaju utiskuje se u sljedećem mjesecu s najnižom cijenom, što je najčešće rujan.

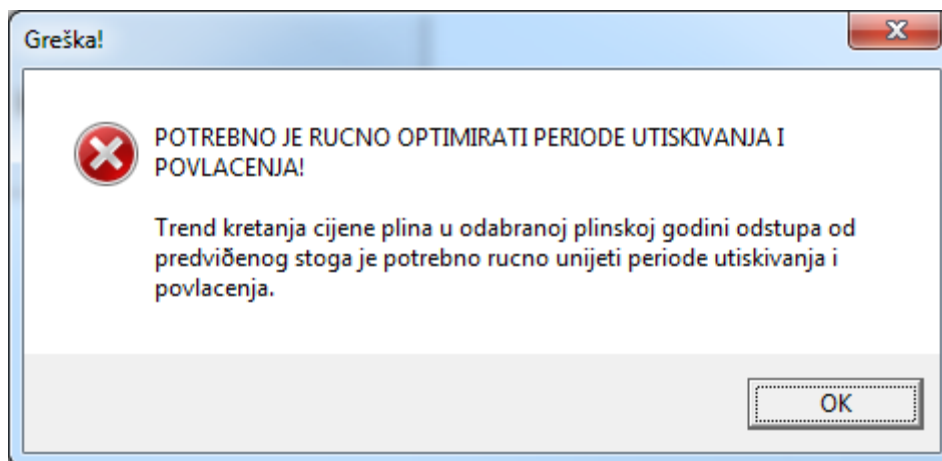
4.2.4 Stanje na početku skladišne godine

Nakon optimiziranja perioda utiskivanja i povlačenja program određuje stanje u skladištu prvi travnja, prvog dana skladišne godine, kako bi suma utiskivanja i povlačenja u godini bila nula.

4.2.5 Ručno optimiziranje perioda povlačenja i utiskivanja plina u skladište

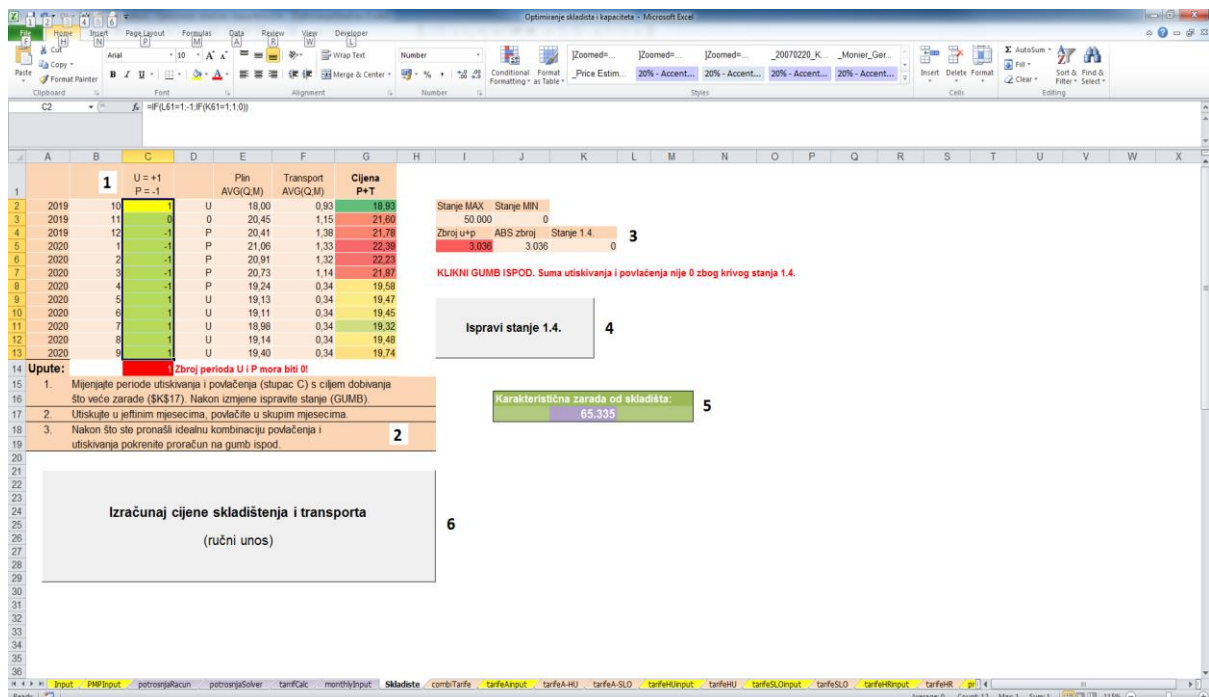
U rijetkim slučajevima kada cijena u ljetnim mjesecima nije najniža biti će potrebno ručno optimizirati periode utiskivanja i povlačenja.

U sljedećem primjeru u radu pretpostavljeno je da je cijena u listopadu niža od cijene u rujnu. Tada program javlja grešku prikazanu na slici 4-4.



Slika 4-4 Greška, nepredviđen trend kretanja cijena

Na slici 4-5 prikazano je korisničko sučelje za ručno optimiziranje utiskivanja i povlačenja.

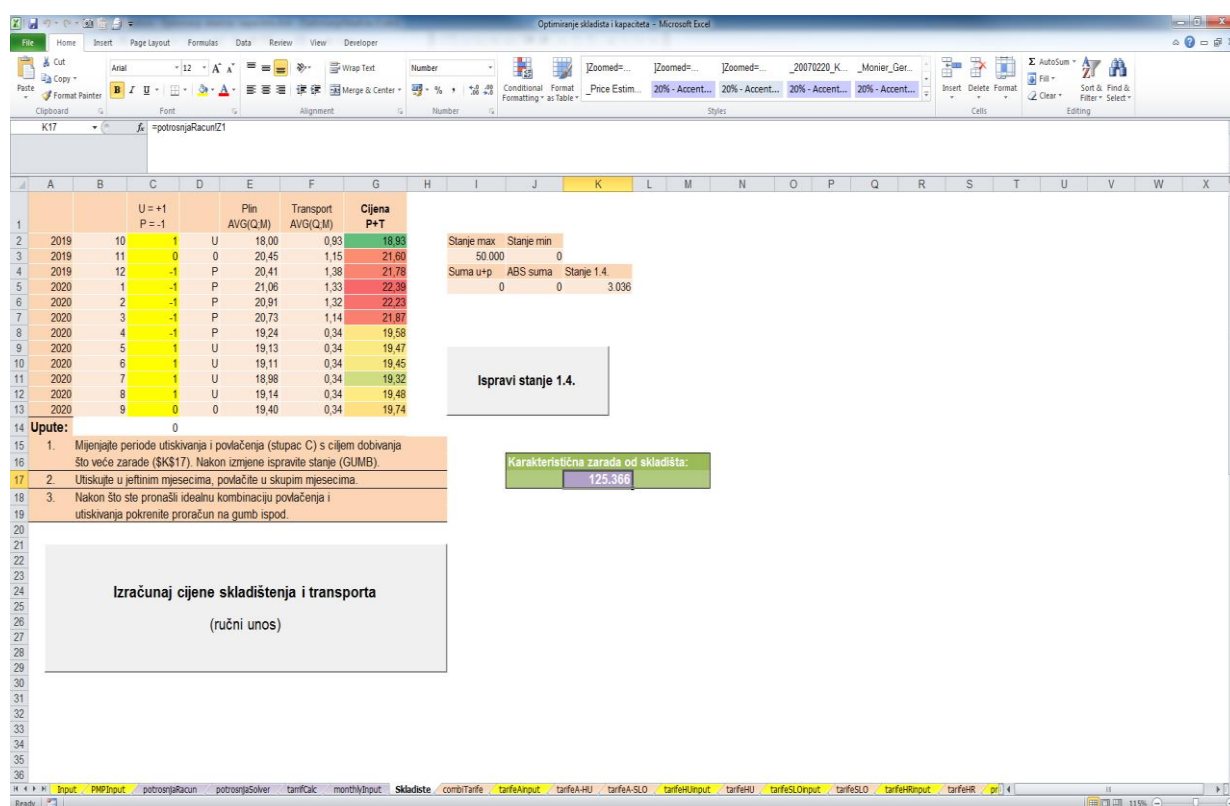


Slika 4-5 Ručno optimiziranje perioda utiskivanja i povlačenja

Na korisničkom sučelju prikazane su upute (2) za ručno optimiziranje. Potrebno je u stupcu C u tablici označenoj brojem 1 optimizirati povlačenje i utiskivanje kako bi se u ćeliji K17 dobio što veći broj. Karakteristična zarada od skladišta (5) nije stvarna zarada već samo indikativna vrijednost koja pomaže pri optimizaciji perioda skladištenja i povlačenja.

Nakon svake izmjene perioda utiskivanja i povlačenja potrebno je pritisnuti gumb (4) kako bi program ispravno postavio stanje u skladištu na početku skladišne godine da bi zbroj utiskivanja i povlačenja bio 0. Nakon ručnog optimiziranja potrebno je pritisnuti gumb (6) kako bi se proračun nastavio.

Na slici 4-6 prikazano je kako izgleda kada je povlačenje i utiskivanje ručno optimizirano.



Slika 4-6 Ručno optimizirano povlačenje i utiskivanje

Program više ne javlja greške za nejednak broj mjeseci utiskivanja i povlačenja, zbroj utiskivanja i povlačenja je 0 zbog ispravljenog stanja 1. travnja. Karakteristična zarada od skladišta je znatno veća nego početna.

4.3 Izračun i optimiziranje transportnih kapaciteta

Nakon optimiziranja perioda utiskivanja i povlačenja optimiziraju se transportni kapaciteti kako bi se postigla što niža cijena uvoza plina iz Austrije. Kapaciteti se zakupljuju kao najjeftinija kombinacija proizvoda, a označavaju se u MWh/dan.

4.3.1 Računanje potrebnog kapaciteta

Potrošnja plina (potrebna količina u pojedinom danu) računa se pomoću jednadžbe (4-1):

$$Q_{p,d} = Q_{p,m} \cdot k_d \cdot k_{pov} \quad (4-1)$$

$Q_{p,d}$ – Dnevna potrošnja, MWh

$Q_{p,m}$ – Mjesečna potrošnja, MWh

k_d - Koeficijent koji pomnožen s mjesečnom potrošnjom daje dnevnu potrošnju

Količina koja se može utisnuti ili povući u plinskom danu određena je stanjem u skladištu na kraju prethodnog plinskog dana pomoću jednadžba (2-4) i (2-5) izvedenih iz krivulja utiskivanja i povlačenja.

Potreban transportni kapacitet u jednom plinskom danu računa se pomoću jednadžbe (4-2):

$$Q_{k,d} = Q_{p,d} + Q_{utis} - Q_{pov} \quad (4-2)$$

Kako se u programu izračunavaju vrijednosti iz jednadžbe (4-1) vidljivo je na slici 4-7.

VREMENSKO RAZDOBLJE:						KAPACITETI: Prosječni			
Datum	Godina	Kvartal	M	P = -1 U = +1		U(+)/P(-) MWh/d	Potrošnja MWh/d	Uvećana potrošnja MWh/d	Potreban kapacitet MWh/d
16.01.	2020	Q1	1	-1		-522,77	1.372,90	1.372,90	850,13
17.01.	2020	Q1	1	-1		-513,66	1.379,28	1.379,28	865,62
18.01.	2020	Q1	1	-1		-504,71	1.413,73	1.413,73	909,02
19.01.	2020	Q1	1	-1		-495,92	1.427,70	1.427,70	931,78
20.01.	2020	Q1	1	-1		-487,28	1.409,85	1.409,85	922,57
21.01.	2020	Q1	1	-1		-478,79	1.416,26	1.416,26	937,47
22.01.	2020	Q1	1	-1		-470,45	1.425,51	1.425,51	955,06
23.01.	2020	Q1	1	-1		-462,25	1.467,25	1.467,25	1.005,00
24.01.	2020	Q1	1	-1		-454,20	1.530,79	1.530,79	1.076,59
25.01.	2020	Q1	1	-1		-446,29	1.554,16	1.554,16	1.107,87
26.01.	2020	Q1	1	-1		-438,52	1.540,92	1.540,92	1.102,40
27.01.	2020	Q1	1	-1		-430,88	1.560,62	1.560,62	1.129,74
28.01.	2020	Q1	1	-1		-423,37	1.551,49	1.551,49	1.128,12
29.01.	2020	Q1	1	-1		-415,99	1.556,77	1.556,77	1.140,77
30.01.	2020	Q1	1	-1		-408,75	1.531,59	1.531,59	1.122,84
31.01.	2020	Q1	1	-1		-401,63	1.502,48	1.502,48	1.100,85
01.02.	2020	Q1	2	-1		-394,63	1.655,60	1.655,60	1.260,97
02.02.	2020	Q1	2	-1		-387,76	1.651,56	1.651,56	1.263,80
03.02.	2020	Q1	2	-1		-381,00	1.705,03	1.705,03	1.324,03
04.02.	2020	Q1	2	-1		-374,36	1.684,05	1.684,05	1.309,68

Slika 4-7 Računanje potrebnog kapaciteta

4.3.2 Optimiziranje rezerviranih transportnih kapaciteta

Optimiziranje rezerviranih transportnih kapaciteta se radi na način da program pomoću solvera traži najjeftiniji način za transport plina iz Austrije do VTT-a. Program kombinira različite proizvode uzevši u obzir najjeftiniju rutu za taj proizvod. Proces se odvija pomoću excel solvera koji je nesavršen alat te mu je radi pojednostavljenja procesa, povećane točnosti i smanjenja vremena računanja potrebno zadati određene pretpostavke i uvjete.

Solver radi veliki broj iteracija dok ne dobije zadovoljavajući rezultat, stoga je korisno postaviti pretpostavke koje bi mogle biti blizu krajnjem rješenju kako bi solver radio što manji broj iteracija.

Pretpostavljene količine određuju se na sljedeći način:

- Pretpostavljena dnevna količina zakupljena kao **godišnji kapacitet** jednaka je prosječnom potrebnom dnevnom kapacitetu u mjesecu s najmanjim potrebnim kapacitetom.

- Pretpostavljena dnevna količina zakupljena kao **tromjesečni kapacitet** jednaka je prosječnom potrebnom dnevnom kapacitetu u mjesecu s najmanjim potrebnim kapacitetom u tromjesečju, umanjena za pretpostavljeni godišnji kapacitet.
- Pretpostavljena dnevna količina zakupljena kao **mjesečni kapacitet** jednaka je prosječnom potrebnom dnevnom kapacitetu, umanjenom za pretpostavljeni godišnji i tromjesečni kapacitet.

Zadani uvjeti su:

- Rezervirane količine moraju biti veće ili jednake 0;
- Rezervirane dnevne količine u pojedinom mjesecu moraju biti manje ili jednake od najvećeg potrebnog dnevnog kapaciteta za taj mjesec;
- Rezervirana količina na mjesečnoj razini za mjesec u tromjesečju s najmanjim potrebnim kapacitetom mora iznositi nula;
- Rezervirana količina na tromjesečnoj razini za mjesec u tromjesečju s najmanjim potrebnim kapacitetom mora iznositi nula;
- Solver se pokreće sve dok se posljednje rješenje ne razlikuje od prethodnog za manje od 50HRK.

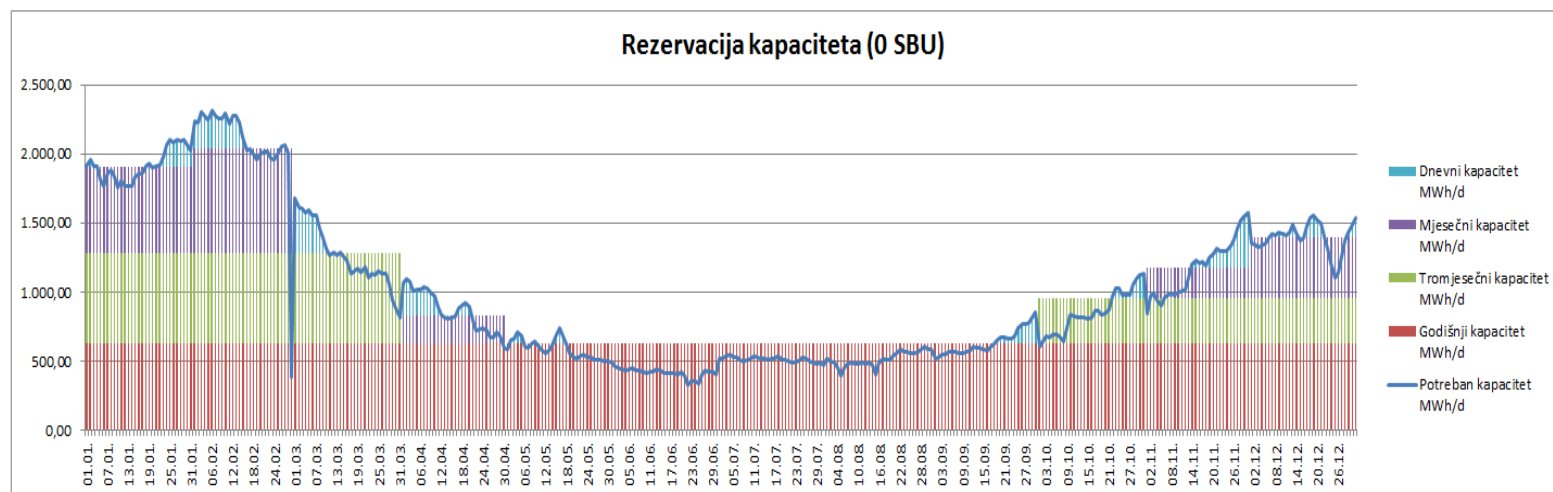
Nakon izračuna rezervirani kapaciteti spremaju se u radni list „Rezultati“ u obliku prikazanom na slici 4-8.

Vidljiv je grafički prikaz rezervacije kapaciteta. Potreban kapacitet označen je tamno plavom linijom, godišnji kapacitet crvenom bojom, tromjesečni zelenom, mjesečni ljubičastom i dnevni plavom bojom.

U tablici s desne strane grafa prikazana je optimalna ruta (za koju je rutu najjeftinije zakupiti pojedini kapacitet).

U tablici ispod grafa prikazan je zakup godišnjih, tromjesečnih i mjesečnih kapaciteta u pojedinom mjesecu, kao i njihov zbroj. U posljednjem redu prikazan je median potrebnog kapaciteta za taj mjesec kao kontrolna vrijednost. Ukupan rezervirani kapacitet na godišnjoj, tromjesečnoj i mjesečnoj bazi ne bi smio značajno odstupati od mediana.

Slika 4-8 Grafički prikaz rezervacije transportnih kapaciteta



Ruta (Y,Q,M)		Proizvod
Y	Y	Y
SLO	Q1	Q1
Y	Q2	Q2
Y	Q3	Q3
Y	Q4	Q4
Ruta (DA)		
SLO	SLO	1
Y	Y	2
Y	Y	3
Y	Y	4
Y	Y	5
Y	Y	6
Y	Y	7
Y	Y	8
Y	Y	9
Y	Y	10
Y	Y	11
Y	Y	12

Rezervirano, kWh/d		0 SBU											
	Kvartal:	Q1	Q1	Q1	Q2	Q2	Q2	Q3	Q3	Q3	Q4	Q4	Q4
	Mjesec:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y		628.394	628.394	628.394	628.394	628.394	628.394	628.394	628.394	628.394	628.394	628.394	628.394
Q		655.692	655.692	655.692	0	0	0	0	0	0	329.852	329.852	329.852
M		624.758	759.650	0	199.213	0	0	0	0	0	220.326	437.046	
Total		1.908.845	2.043.737	1.284.086	827.608	628.394	628.394	628.394	628.394	958.247	1.178.573	1.395.293	
Median potr.kap.:		1.910.947	2.121.952	1.230.956	859.940	576.960	420.823	515.702	512.322	599.351	830.941	1.209.175	1.411.535

5 REZULTATI

Nakon završetka proračuna rezultati se spremaju u datoteku koja je kreirana na početku proračuna.

5.1 Radni list „Report“

Na prvom radnom listu „Report“ prikazani su osnovni ulazni podaci i kratki rezultati. Na slici 5-1 prikazano je kako izgledaju rezultati kada je optimalno zakupiti jedan SBU.

FileHomeInsertPage LayoutFormulasDataReviewViewDeveloper

ClipboardFontAlignmentNumberConditional Formatting

Zoomed:200%Accented20%Accented20%Accented20%Accented

InsertDeleteFormatCellsEditing

H11	
A	B
1	Mjesečna potrošnja, kWh
2	44.043.931
3	44.661.036
4	29.065.079
5	19.237.536
6	13.482.944
7	9.210.220
8	11.786.648
9	11.816.323
10	14.120.268
11	19.550.263
12	26.149.935
13	31.975.016
14	275.099.199

Profil mjesečne potrošnje	
Prosječni	
Povećanje potrošnje	
0%	
EUR > HRK	7,4200
HRK > EUR	0,1348
HUF > EUR	0,0031
Hg/Hd	
1,0982	
Max broj SBU	3

Kratki rezultati:				
	Ukupno €	€/MWh	Ukupno kn	kn/MWh
0 SBU	6.237.315	22,67	46.280.878	168,23
1 SBU	6.227.791	22,64	46.210.208	167,98
2 SBU	6.297.259	22,89	46.725.663	169,85
3 SBU	6.349.084	23,08	47.110.207	171,25

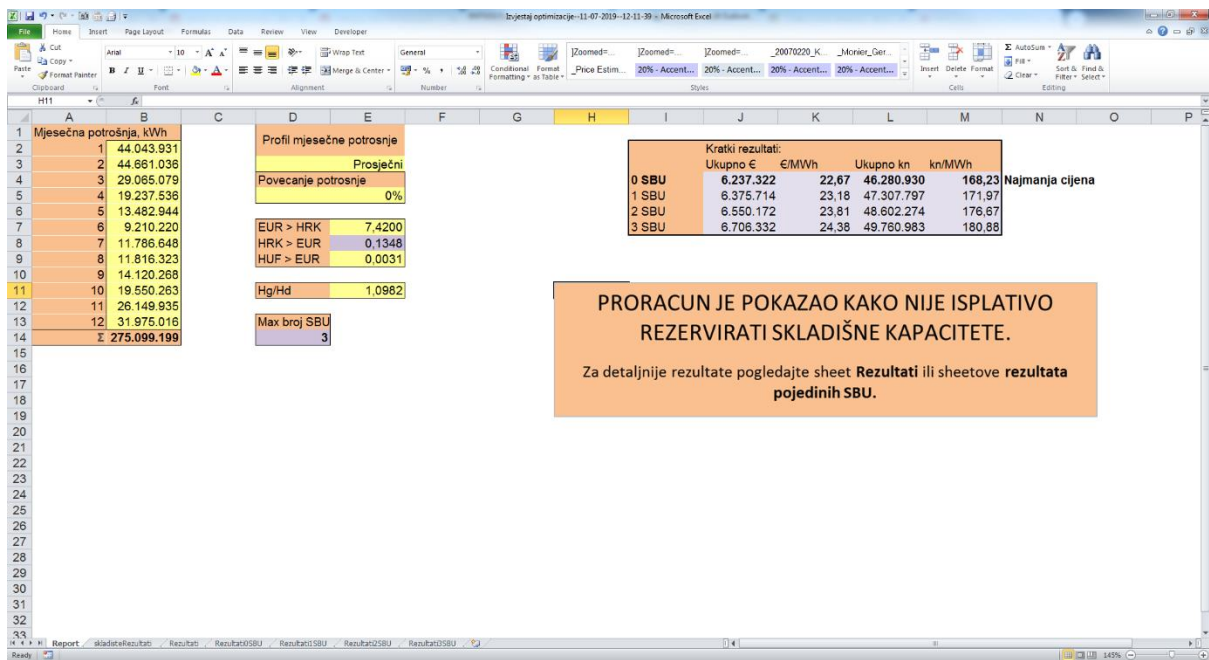
PRORACUN JE POKAZAO KAKO JE IDEALNO REZERVIRATI 1 SBU.

Za detaljnije rezultate pogledajte sheet Rezultati ili sheetove rezultata pojedinih SBU.

Slika 5-1 Osnovni ulazni podaci i kratki rezultati kada je optimalno zakupiti jedan SBU

U tablici „Kratki rezultati“ prikazane su ukupne indikativne cijene i cijene po MWh. Cijena je zbroj karakteristične cijene plina, stvarne cijene transporta, stvarne cijene skladištenja i ulaza u transportni sustav iz skladišta plina.

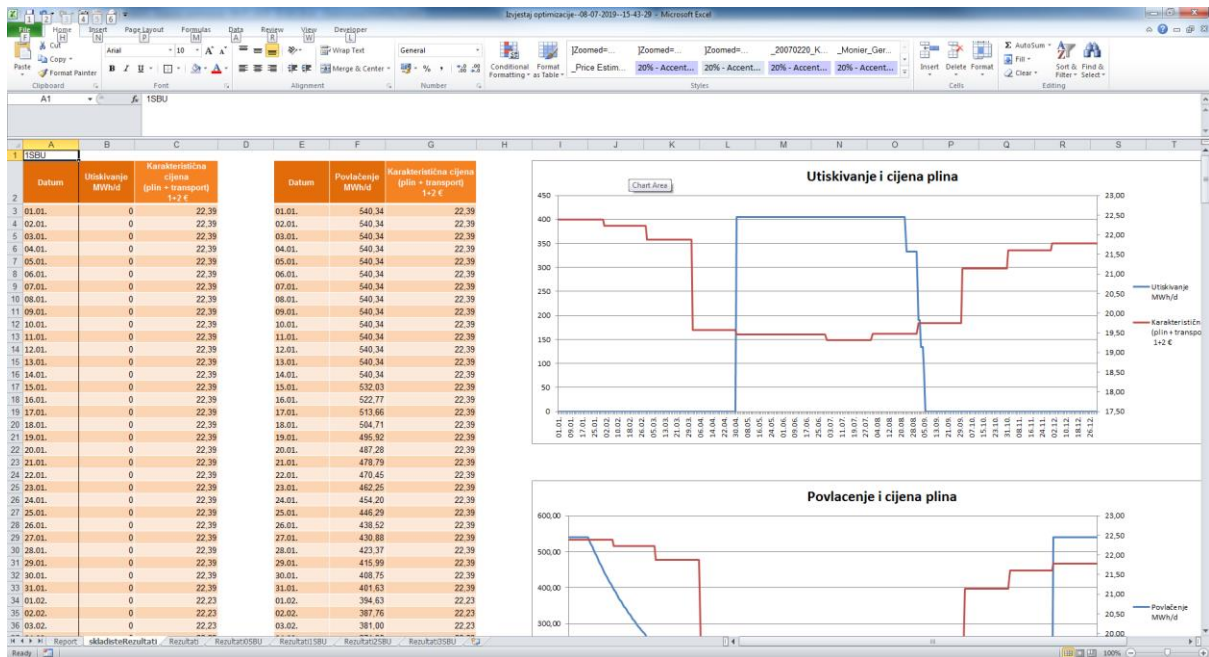
U slučaju da nije potrebno zakupiti skladišne kapacitete program pokazuje rezultat prikazan na slici 5-2.



Slika 5-2 Osnovni ulazni podaci i kratki rezultati kada nije isplativo zakupljivati skladišne kapacitete

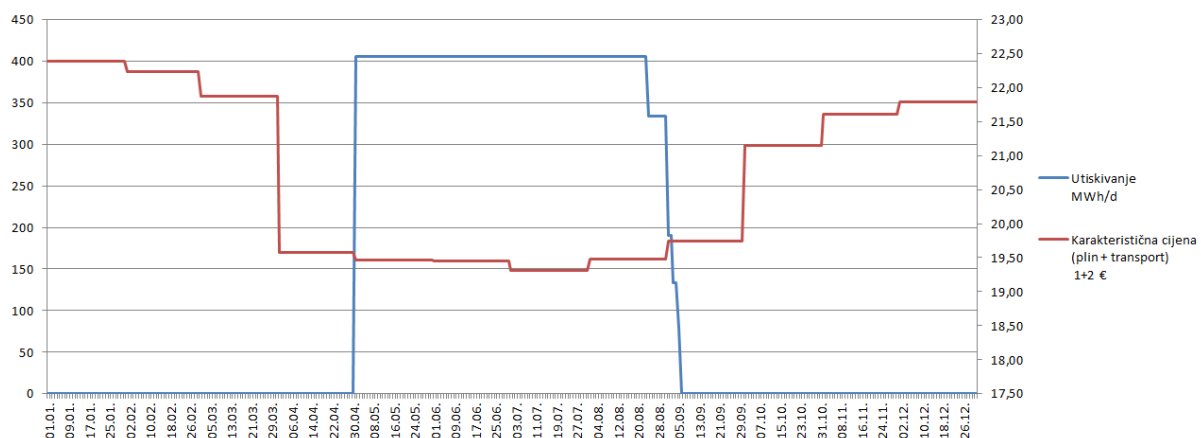
5.2 Radni list „skladisteRezultati“

U radnom listu „skladisteRezultati“ nalaze se tablice i grafovi povlačenja i utiskivanja za optimalan broj SBU s detaljnim prikazom po danima s pripadajućom karakterističnom cijenom za svaki mjesec, slika 5-3.

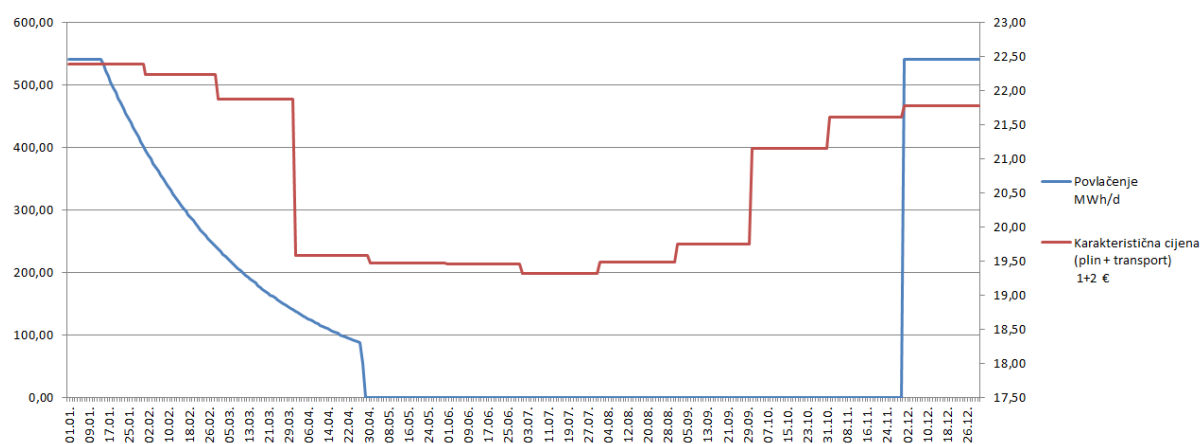


Slika 5-3 Radni list “skladisteRezultati”

Na slici 5-4 prikazan je graf koji korelira utiskivanje i cijenu plina, a na slici 5-5 graf koji korelira povlačenje i cijenu plina.



Slika 5-4 Utiskivanje i cijena plina

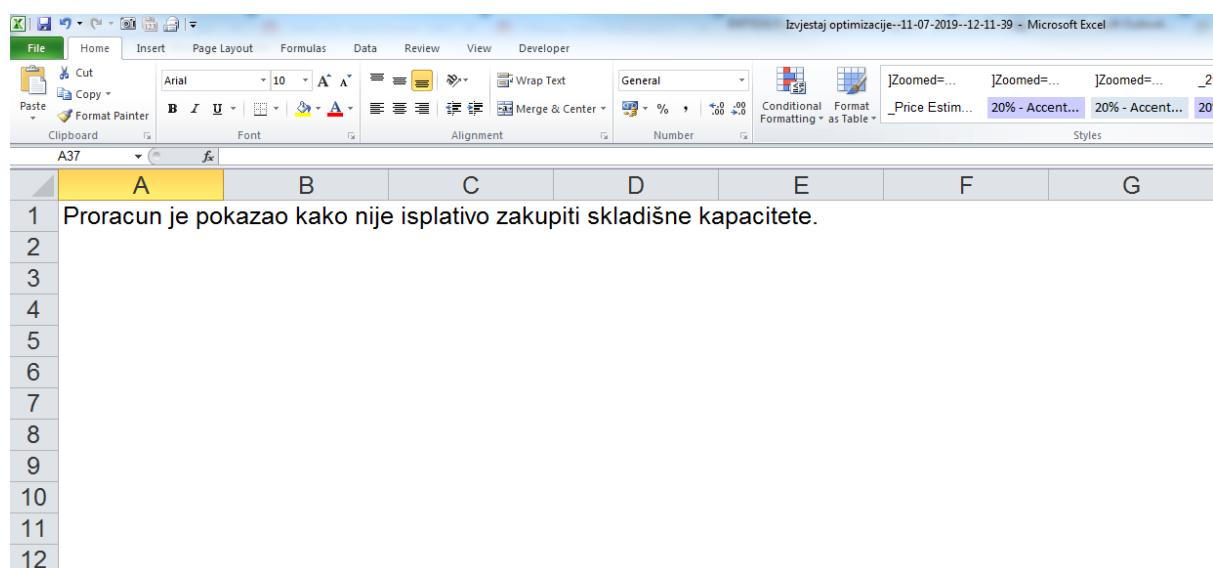


Slika 5-5 Povlačenje i cijena plina

Iz slika 5-5 i 5-6 vidljivo je kako se plin utiskuje u skladište kada je najniža cijena plina, a povlači se iz skladišta u periodu kada je cijena plina najviša. Razlikom u cijeni utisnutog i povučenog plina ostvaruje se prihod.

U slučaju da nije isplativo zakupiti skladišne kapacitete program javlja poruku: „Proračun je pokazao kako nije isplativo zakupiti skladišne kapacitete.“, slika 5-6.

Slika 5-6 Radni list "skladisteRezultati" kada nije isplativo zakupiti skladišne kapacitete



5.3 Radni list „Rezultati“

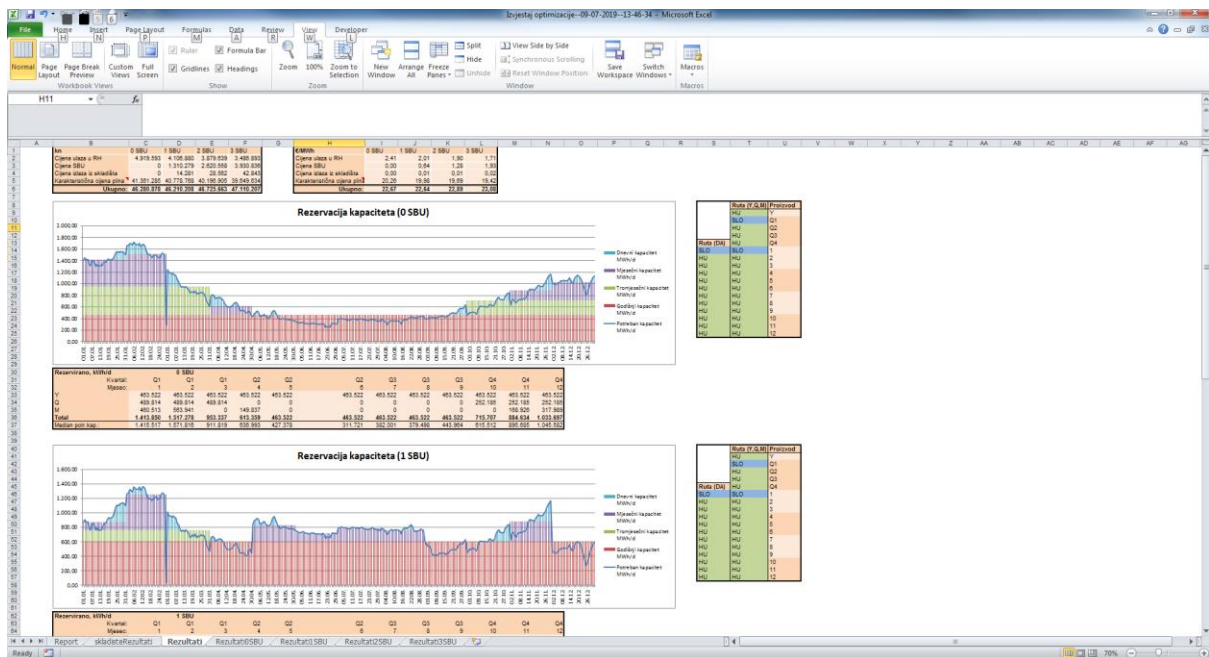
U radnom listu „Rezultati“ na vrhu su prikazani troškovi u HRK i EUR/MWh, tablica 5-1.

Tablica 5-1 Troškovi

kn	0 SBU	1 SBU	2 SBU	3 SBU	€/MWh	0 SBU	1 SBU	2 SBU	3 SBU
Cijena ulaza u RH	4.919.593	4.106.880	3.879.639	3.486.893	Cijena ulaza u RH	2,41	2,01	1,90	1,71
Cijena SBU	0	1.310.279	2.620.558	3.930.836	Cijena SBU	0,00	0,64	1,28	1,93
Cijena izlaza iz skladišta	0	14.281	28.562	42.843	Cijena izlaza iz skladišta	0,00	0,01	0,01	0,02
Karakteristična cijena plina	41.361.285	40.778.768	40.196.905	39.649.634	Karakteristična cijena plina	20,26	19,98	19,69	19,42
Ukupno: 46.280.878 46.210.208 46.725.663 47.110.207					Ukupno:	22,67	22,64	22,89	23,08

- Cijena ulaza u RH – Ukupna cijena transporta od Austrije do VTT-a;
- Cijena SBU – Ukupna cijena skladišnih jedinica;
- Cijena izlaza iz skladišta – Cijena ulaza u transportni sustav iz sustava skladišta plina;
- Karakteristična cijena plina – Indikativna cijena plina, aritmetička sredina mjesečne cijene i tromjesečne cijene pomnožena s kupljenim količinama na tržištu.

U radnom listu „Rezultati“ još su prikazani grafički rezultati rezervacije kapaciteta prikazani na slici 5-8, za svaki SBU pojedinačno. Kako izgleda kompletan radni list vidljivo je na slici 5-8.



Slika 5-7 Radni list „Rezultati”

5.4 Radni listovi s prikazom po danima za sve SBU za koje je rađen proračun

Na slici 5-8 su vidljivi podaci koji se odnose na potrošnju i kapacitet:

VREMENSKO RAZDOBLJE: KAPACITETI Prosječni SKLADIŠTE:															
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	Datum	Godina	Kvartal	M	P = -1 U = +1	U(+)/P(-) MWh/d	Potrošnja MWh/d	Uvećana potrošnja MWh/d	Potreban kapacitet MWh/d	Godišnji kapacitet MWh/d	Tromjesečni kapacitet MWh/d	Mjesečni kapacitet MWh/d	Dnevni kapacitet MWh/d	Utiskivanje MWh/d	Pov. M
3	01.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.416,04	1.416,04	875,70	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
4	02.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.450,54	1.450,54	910,20	604,60	153,41	117,76	34,42	0	
5	03.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.417,39	1.417,39	877,05	604,60	153,41	117,76	1,27	0	
6	04.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.415,52	1.415,52	875,18	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
7	05.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.345,66	1.345,66	805,32	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
8	06.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.306,51	1.306,51	766,17	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
9	07.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.383,16	1.383,16	842,82	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
10	08.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.394,02	1.394,02	853,68	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
11	09.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.358,05	1.358,05	817,71	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
12	10.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.304,20	1.304,20	763,86	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
13	11.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.335,77	1.335,77	795,43	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
14	12.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.305,67	1.305,67	765,33	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
15	13.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.305,39	1.305,39	765,05	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
16	14.01.	2020	Q1	1	-1	-540,34	1.309,61	1.309,61	769,27	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
17	15.01.	2020	Q1	1	-1	-532,03	1.355,11	1.355,11	823,08	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
18	16.01.	2020	Q1	1	-1	-522,77	1.372,90	1.372,90	850,13	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
19	17.01.	2020	Q1	1	-1	-513,66	1.379,28	1.379,28	865,62	604,60	153,41	117,76	0,00	0	
20	18.01.	2020	Q1	1	-1	-504,71	1.413,73	1.413,73	909,02	604,60	153,41	117,76	33,23	0	

Slika 5-8 Radni list s detaljnim podacima po danima za pojedini broj SBU (potrošnja i kapacitet)

- Utiskivanje ili povlačenje,
- potrošnja,

- uvećana potrošnja,
- potreban kapacitet,
- kapacitet rezerviran na godišnjoj razini,
- kapacitet rezerviran na tromjesečnoj razini,
- kapacitet rezerviran na mjesečnoj razini,
- kapacitet rezerviran na dnevnoj razini.

Na slici 5-9 vidljiv je nastavak tablice vezan uz podatke o skladištu i prihode od skladištenja.

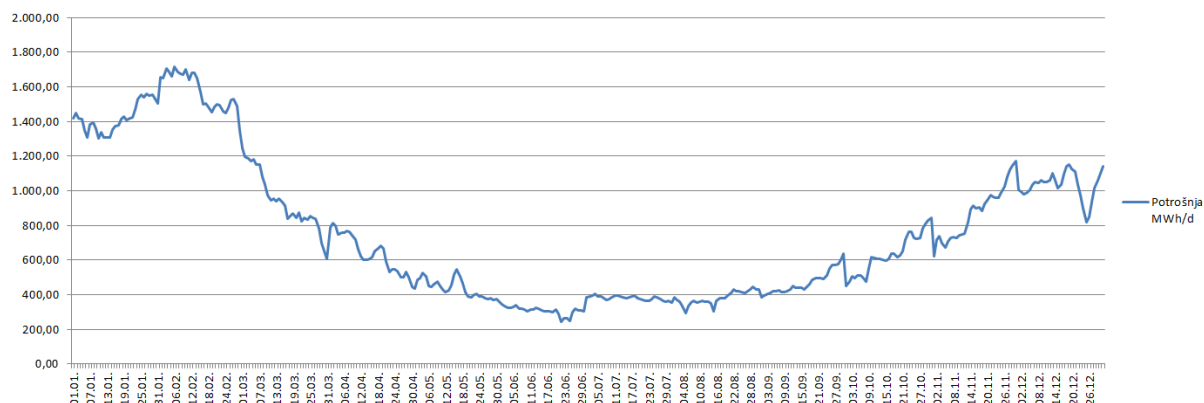
	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	SKLADIŠTE:					PRIHOD OD SKLADIŠTENJA:		SUM:	124.778	5.495.791
2	Utiskivanje MWh/d	Povlačenje MWh/d	Stanje u skladištu na kraju dana MWh	Max povlačenje MWh/d	Max utiskivanje MWh/d	Karakteristična cijena plina AVG(Q;M) 1	Karakteristična cijena transporta AVG(Q;M) 2	Karakteristična cijena (plin + transport) 1+2 €	Karakteristična cijena utisnutog / povučenog plina (s transportom), €	Karakteristična cijena uvezenog plina bez transporta, €
3	0	540,34	32.709,18	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	18.445
4	0	540,34	32.168,85	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	19.171
5	0	540,34	31.628,51	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	18.473
6	0	540,34	31.088,17	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	18.433
7	0	540,34	30.547,83	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	16.962
8	0	540,34	30.007,49	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	16.138
9	0	540,34	29.467,16	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	17.752
10	0	540,34	28.926,82	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	17.981
11	0	540,34	28.386,48	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	17.223
12	0	540,34	27.846,14	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	16.089
13	0	540,34	27.305,80	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	16.754
14	0	540,34	26.765,47	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	16.120
15	0	540,34	26.225,13	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	16.114
16	0	540,34	25.684,79	-540,34	405,25	21,06	1,33	22,39	12.099	16.703

Slika 5-9 Radni list s detaljnim podacima po danima za pojedini broj SBU (podaci o skladištenju i cijeni karakterističnoj cijeni uvezenog plina)

- Utiskivanje,
- povlačenje,
- stanje u skladištu na kraju dana,
- maksimalni kapacitet povlačenja,
- maksimalni kapacitet utiskivanja,
- karakteristična cijena plina,
- karakteristična cijena transporta,
- ukupna karakteristična cijena,
- karakteristična cijena utisnutog/povučenog plina
- karakteristična cijena uvezenog plina.

6 REFERENTNI SCENARIJ

Testiran je referentni scenarij s klasičnom sezonskom potrošnjom trbušastog profila prikazanoj na slici 6-1, za plinsku godinu 2019./2020.:



Slika 6-1 Grafički prikaz potrošnje referentnog scenarija

Na slici 6-2 je vidljivo kako je idealno rezervirati jedan SBU.

	Kratki rezultati:				
	Ukupno €	€/MWh	Ukupno kn	kn/MWh	
0 SBU	6.265.215	22,77	46.487.897	168,99	Najmanja cijena
1 SBU	6.256.068	22,74	46.420.022	168,74	
2 SBU	6.323.776	22,99	46.922.420	170,57	
3 SBU	6.364.496	23,14	47.224.563	171,66	

**PRORACUN JE POKAZAO KAKO JE IDEALNO
REZERVIRATI 1 SBU.**

Za detaljnije rezultate pogledajte sheet **Rezultati** ili sheetove **rezultata pojedinih SBU**.

Slika 6-2 Rezultati optimizacije

Iz slike 6-2 vidljivo je kako je zakupljivanje jednog SBU za 67.875HRK jeftinije nego uvoz profila bez skladištenja. Rezultat pokazuje da bi rezervacija većeg broja SBU-a donio znatno

veće troškove. Ako bi se zakupila dva SBU-a za ovaj profil, to bi tvrtku koštalo 502.398HRK više.

Specifikacija troškova u tablici 6-1 pokazuje kako se ušteda u odnosu na scenarij bez skladišta ostvaruje jer se više plina kupuje i transportira u mjesecima kada su cijene plina i transporta niže.

Tablica 6-1 Specifikacija troškova

kn	0 SBU	1 SBU	2 SBU	3 SBU
Cijena ulaza u RH	4.961.696	4.151.779	3.913.106	3.441.970
Cijena SBU	0	1.310.279	2.620.558	3.930.836
Cijena izlaza iz skladišta	0	14.281	28.562	42.843
Karakteristična cijena plina	41.526.201	40.943.684	40.360.195	39.808.913
Ukupno:	46.487.897	46.420.022	46.922.420	47.224.563

Ostvarene uštede u odnosu na scenarij bez skladišta su:

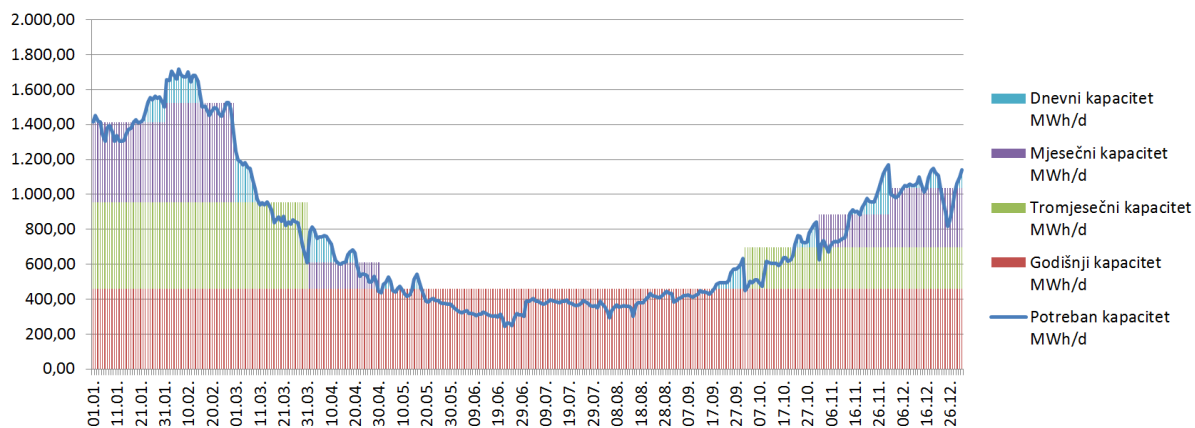
- Cijena transporta – 809.917 HRK
- Cijena plina – 582.518 HRK
- Ukupno: 1.392.435 HRK

Kao što je već navedeno uštede su za 67.875HRK veće od dodatnih troškova skladištenja koji iznose:

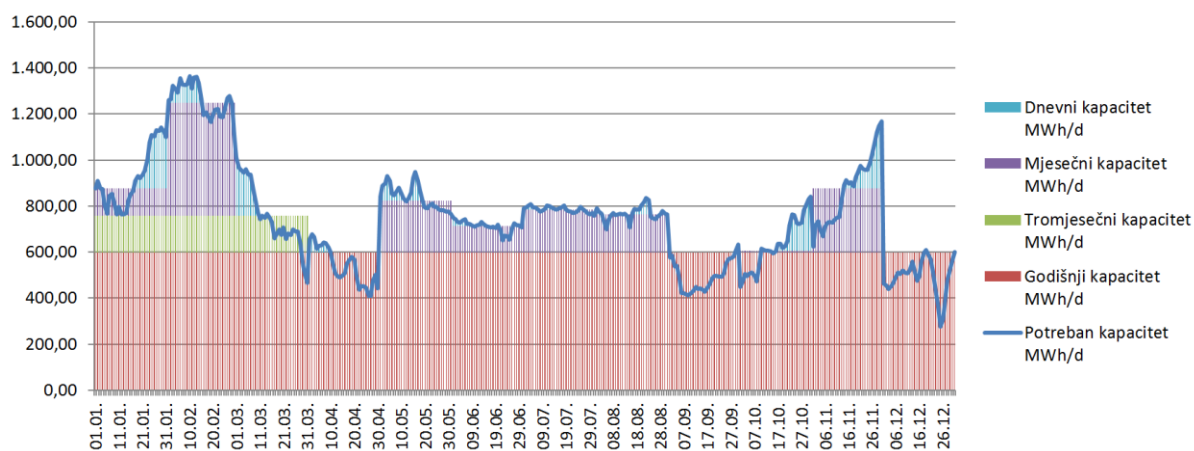
- Cijena SBU – 1.310.279 HRK
- Cijena izlaza iz skladišta – 14.280 HRK
- Ukupno: 1.324.560 HRK

U slučajevima rezervacije više SBU od jednog troškovi skladištenja znatno premašuju uštede ostvarene na cijeni transporta i plina.

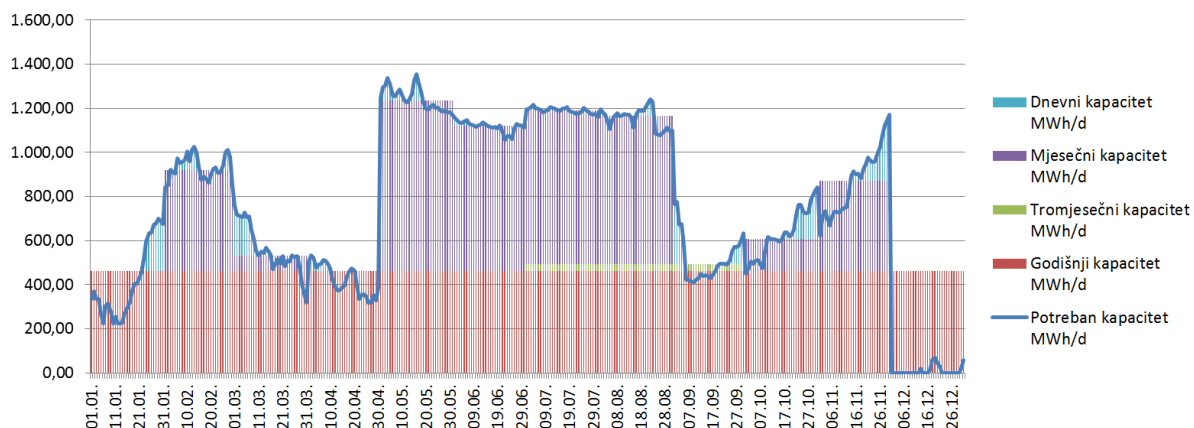
Kada se usporede grafički prikazani kapaciteti za 0 SBU na slici 6-3 i za 1 SBU na slici 6-4 vidljivo je kako skladište pomaže u ravnanju grafa profila, znatno povećava uvezenu količinu u jeftinijim mjesecima i znatno povećava najjeftinije kapacitete na godišnjoj razini.



Slika 6-3 Rezervacija transportnih kapaciteta - 0 SBU



Slika 6-4 Rezervacija transportnih kapaciteta - 1 SBU



Slika 6-5 Rezervacija transportnih kapaciteta - 2 SBU

Na slici 6-6 vidi se grafički prikaz rezervacije kapaciteta pri zakupu 2 SBU. Iz grafa i tablice 6-1 vidljivo je kako ušteda na cijeni plina i transporta nije dovoljna da nadoknadi znatno veće

troškove skladištenja. Iz grafa je vidljivo da je kapacitet povlačenja u prosincu znatno veći od potrebnog zbog čega se efikasno ne iskorištava skladišni kapacitet.

7 ZAKLJUČAK

Za razliku od mnogih tvrtki koje proizvodu podižu vrijednost i zarađuju na dodanoj vrijednosti, opskrbljivači plinom nemaju tu mogućnost. Plin koji kupe na burzi jednak je proizvod kojeg će isporučiti krajnjem kupcu, ali nemaju ni ulogu transportera već plaćaju naknadu za transport operatorima transportnoga sustava.

Mogućnost za zaradu opskrbljivači moraju pronaći u maksimalizaciji efikasnosti vlastitog poslovanja. Najveći prostor za povećanje efikasnosti nalazi se u optimizaciji postojećih procesa, od kojih su najznačajniji skladištenje i transport, koje ovaj rad analizira.

U ovom radu izrađen je program koji nakon unosa ulaznih podataka u manje od pet minuta opskrbljivačima daje stvarne podatke koji prikazuju odnose cijena za zakup različitih skladišnih kapaciteta.

Značajan dio je i automatizacija izračuna optimalnih transportnih kapaciteta i usporedba cijena u četiri države.

Referentni scenarij pokazao je kako korištenje programa može donijeti uštede od nekoliko desetaka do nekoliko stotina tisuća kuna što uz znanstvenu, programu daje i značajnu komercijalnu vrijednost.

8 LITERATURA

1. ENERGETSKI INSTITUT HRVOJE POŽAR, Energija u Hrvatskoj, 2018.
2. NARODNE NOVINE (2018.) Odluka o iznosu tarifnih stavki za transport plina (NN 111/2018). Zagreb: Narodne novine, str. 42.
3. NARODNE NOVINE (2018.) Metodologija utvrđivanja iznosa tarifnih stavki za transport plina (NN 48/2018). Zagreb: Narodne novine, str. 47.
4. NARODNE NOVINE (2018.) Mrežna pravila transportnog sustava (NN 50/2018). Zagreb: Narodne novine, str. 126.
5. NARODNE NOVINE (2018.) Pravila korištenja sustava skladišta plina (NN 50/2018). Zagreb: Narodne novine, str. 77.
6. URADNI LIST RS (2019.) Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za prenosni sistem zemeljskega plina (Uradni list RS, št. 20/19)
7. UREDBA KOMISIJE (EU) 2017/460 od 16. ožujka 2017. o uspostavljanju mrežnih pravila o usklađenim strukturama transportnih tarifa za plin

WWW Izvori:

8. FGSZ: Information on tariffs applicable from 1 October 2019, 2019. URL: <https://fgsz.hu/en/about-fgsz/news/information-on-tariffs-applicable-from-1-october-2019.html> (1.7.2019.)
9. Gas Connect Austria: - Calculation table standard capacity products in EUR/MWh, 2019: URL: <https://www.gasconnect.at/fileadmin/Fachabteilungen/ST/EN/TARIFFS-4-TRADERS-EN-v-01012019.pdf> (22.4.2019.)
10. HROTE: Virtualna točka trgovanja, 2017. URL: <https://www.hrote.hr/virtualna-tocka-trgovanja> (5.7.2019.)
11. Plinacro: Pravila uravnoteženja, obračun troškova uravnoteženja i odstupanja od nominacija, 2019. URL: <http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=184> (4.7.2019.)
12. Plinacro: Standardni paket skladišnog kapaciteta, 2017. URL: <http://www.psp.hr/UserDocsImages/Skladistenje/krivulje%20povla%C4%8Denja%20i%20utiskivanja%20%20%2031.1.2017.-objava.pdf> (10.5.2019.)

13. Plinovodi: Tarifne postavke za vstopne zmogljivosti, 2019. URL:
<http://www.plinovodi.si/sl/storitve/omre%C5%BEnina/tarife/> (22.4.2019.)